

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я.М. Корнієнко

“ _____ ” _____ 2019 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

На здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація накату папероробної машини

Виконала студентка IV курсу, групи ЛБ-51

Вакульчук Вікторія Вікторівна

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, ст. викл О.А. Новохат

(підпис)

Консультанти:

з охорони праці

канд. техн. наук, доцент І.М. Ковтун

(підпис)

Консультанти:

з економіки

канд. техн. наук, ст. викл С.В. Гулієнко

(підпис)

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка _____ В.В. Вакульчук

Київ – 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: **Модернізація накату папероробної машини**

Студент

В.В. Вакульчук

Керівник дипломного проекту

О.А. Новохат

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко
“ ” _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студентці

Вакульчук Вікторії Вікторівні

1. Тема проекту: Модернізація накату папероробної машини

керівник проекту Новохат Олег Анатолійович, кандидат технічних наук,
старший викладач

затверджена наказом по університету від «22» травня 2019 р. № 1323-с

2. Термін здачі студентом закінченого проекту: 31 травня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Модернізація накату папероробної машини для намотування санітарно-гігієнічного паперу. Швидкість – 1254 м/хв; сировина – папір, ширина паперу – 4,2 м, маса паперу – 30 г/м², температура паперу

початкова – 60 °С, температура паперу кінцева – 48 °С, температура води для охолодження початкова – 20°С, температура води для охолодження кінцева – 28°С,

4. Перелік питань, які мають бути розроблені:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції накатів, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення накату та його основних складальних одиниць і деталей; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки.

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

г) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації накату.

5. Перелік графічного (ілюстрованого) матеріалу: складальні кресленники: накат – А1×3, ; вал тамбурний – А2×3; циліндр – А1, патрон – А2.

6. Консультанти:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М.		
Очікувані техніко-економічні показники застосування установки	Гулієнко С. В.		

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	16.04.2019	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	18.04.2019	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції теплообмінника. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	20.04.2019	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору апарату.	22.04.2019	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату.	24.05.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.04.2019	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій.	15.05.2019	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації.	20.05.2019	
9	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці.	22.05.2019	
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	30.05.2019	
11	Попередній захист проекту.	01.06.2019	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	10.06.2019	

Студент

Керівник дипломного проекту

_____ В.В. Вакульчук
(підпис)

_____ О.А. Новохат
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 676.056

Модернізація накату папероробної машини: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник О.А. Новохат – К., 2019. – 120 с.: іл. Викон. – В. В. Вакульчук – Бібліогр.: 89 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 120 с. основного тексту, 20 рисунків, 12 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є проектування і модернізація конструкції периферичного накату, призначеного для намотування санітарно-гігієнічного паперу в рулони.

Поставлена задача досягається шляхом дослідження літературних джерел, виконанням розрахунків тамбурного валу, циліндра накату та розрахунків на міцність основних вузлів і деталей конструкції. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему отримання санітарно-гігієнічного паперу, її опис та місце периферичного накату в ній.

Графічна частина проекту включає креслення формату А1х3, А1, А2 і А2х3, що містять: складальний кресленик накату, складальний кресленик тамбурного валу, складальний кресленик циліндра та кресленик патрону.

ПЕРИФЕРИЧНИЙ НАКАТ, ПНЕВМОЦИЛІНДР, ПОТУЖНІСТЬ, ТАМБУРНИЙ ВАЛ, ЖОРСКІСТЬ, ЦИЛІНДР НАКАТУ, ПІДШИПНИКИ, НАМОТУВАННЯ, ПАПЕРОРобНА МАШИНА.

РЕФЕРАТ

УДК 676.056

Модернизация наката бумагоделательной машины: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель О.А. Новохат - М., 2019. - 120 с. : ил. Испол. - В. В. Вакульчук - Библиогр. : 89 с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок из 20 наименований. Общий объем работы составляет 120 с. основного текста, 20 рисунков, 12 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта является проектирование и модернизация конструкции периферического наката, предназначенного для намотки санитарно-гигиенической бумаги в рулоны.

Поставленная задача достигается путем исследования литературных источников, выполнением расчетов тамбурного вала, цилиндра наката и расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит схему получения санитарно-гигиенической бумаги, ее описание и место периферического наката в ней.

Графическая часть проекта включает чертежи формата А1х3, А1, А2 и А2х3, содержащие: сборочный чертеж наката, сборочный чертеж тамбурного вала, сборочный чертеж цилиндра и чертеж патрона.

ПЕРИФЕРИЧЕСКИЙ НАКАТ, ПНЕВМОЦИЛИНДР, МОЩНОСТЬ, ТАМБУРНЫЙ ВАЛ, ЖЁСТКОСТЬ, ЦИЛИНДР НАКАТА, ПОДШИПНИКИ, НАМАТЫВАНИЕ, БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА.

THE ABSTRACT

UDC 676.056

Modernization of roll forward for paper-making machine: The Bachelor Diploma project – / National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», scientific supervisor O. Novokhat - K., 2019. – 120 p.: Il. Performed. – V. Vakulchuk – Bibliogr.: 89 p.

Explanatory note consists of an introduction, eight chapters, conclusions, list of references of 20 items. The total work contains 120 p. of the main text, 20 drawings, 12 tables and 4 appendices.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, conclusions, a list of references from 20 titles. Total work is 92 seconds. main text, 20 drawings, 6 tables and 3 appendices.

The purpose of the project is to design and modernize the peripheral rolling design designed to wrap sanitary paper in rolls.

The task is achieved by studying literary sources, performing calculations of the tambour shaft, rolling cylinder and calculating the strength of the main units and design details. The analysis of the results and conclusions are made. The list of used literature is given.

The settlement and explanatory note contains the scheme of obtaining sanitary-hygienic paper, its description and the place of peripheral rolling in it.

The graphic part of the project includes drawings of the format A1x3, A1, A2 and A2x3, which contain: an assembly drawing roller, an assembly drawing of a tambourine shaft, an assembly drawing of a cylinder and a cartridge.

ROLL FORWARD PERIPHERAL, THE PNEUMOCYLINDER, CAPACITY, THE VESTIBULE SHAFT, RIGIDITY, CYLINDER REEL, BEARINGS, WINDING, PAPER-MAKING MACHINE.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

на тему: **Модернізація накату папероробної машини**

Київ – 2019

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	
Вступ.....	
1 Призначення та область використання накату.....	
1.1 Опис технологічного процесу	
1.2 Вибір типу накату та його місце в технологічній схемі.....	
2 Технічна характеристика	
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції накату.....	
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей накату	
3.2 Вибір матеріалів	
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції аналогами	
3.4 Патентне дослідження	
4 Охорона праці.....	
4.1 Небезпека враження електричним струмом.....	
4.2 Механічна небезпека.....	
4.3 Повітря робочої зони	
4.4 Пожежна безпека.....	
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкція накату.....	
5.1 Розрахунок потужності приводу накату	
5.2 Розрахунок часу намотування паперу.....	
5.3 Розрахунок гальмівного зусилля	
5.4 Розрахунок тамбурного валу.....	
5.4.1 Розрахунок зусилля, що діє на тамбурний вал.....	
5.4.2 Розрахунок на міцність труби і цапф тамбурного валу	
5.4.3 Розрахунок на жорсткість вала і критичне число обертів	

					ЛБ51.70554.1.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.	Вакульчук				Модернізація накату папероробної машини	Літ.	Арк.	Аркуш
Перев.	Новохат						10	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Н.Контр.								
Затв.								

5.4.4 Розрахунок підшипників тамбурного валу	
5.5 Розрахунок елементів циліндра	
5.5.1 Силкові фактори	
5.5.2 Розрахунок кришки циліндра	
5.5.3 Розрахунок на міцність оболонки та цапф циліндра накату	
5.5.4 Розрахунок циліндра накату на жорсткість і критичне число обертів.....	
5.5.5 Розрахунок болтів кріплення кришок	
5.5.6 Розрахунок і вибір підшипників циліндра накату	
5.6 Розрахунок витрат охолодної води та поверхні теплообміну для охолодження паперу	
6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації накату.....	
7 Рівень стандартизації та уніфікації	
8 Економічна частина дипломного проекту	
8.1 Обґрунтування доцільності проведення модернізації	
8.2 Розрахунок ефективності на проведення модернізації устаткування	
Висновок	
Вывод.....	
Conclusion.....	
Перелік посилань.....	
Додаток А Документація до патентного дослідження	
Додаток Б Патенти, які використовувалися в патентному дослідженні	
Додаток В Публікації автора	

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ПРМ - папероробна машина;

ПРВ – паперорізальний верстат;

ККД - коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

B – ширина полотна, м;

V – швидкість, м/с;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, 1/с;

t – температура, °С;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від паперу до поверхні циліндру, Вт/(м²·К);

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні циліндру до води, Вт/(м²·К);

A – відстань між підшипниками, м;

τ – час, с;

S – сухість полотна, %;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·К);

I – момент інерції, м⁴;

W – момент опору, м³;

M – момент згинальний, Н·м;

σ – напруження при згині, Па;

E – модуль пружності матеріалу, Па;

ρ – густина матеріалу, кг/м³.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В папероробній машині накат є завершальною частиною виготовлення паперового полотна. Головним призначенням якого є намотування готового полотна в рулони для подальшого транспортування на верстати для нарізання потрібного формату або продажу. Для покращення якості паперового полотна накат потребує удосконалення, сучасних рішень.

Дана дипломна робота є актуальною, адже метою роботи є модернізація накату папероробної машини (ПРМ), який слугує для намотування санітарно-гігієнічного паперу в рулони. Що дозволяє забезпечувати безобривне намотування в рулони з рівномірною щільністю та запобігання пошкодження паперу при транспортуванні.

Щоб досягти виконання поставленої мети необхідно: описати конструкцію накату папероробної машини та її основних складальних одиниць, проаналізувати основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентне дослідження та проаналізувати заходи по охороні праці та безпеці підприємства. А також необхідно виконати параметричний розрахунок накату, розрахунок на жорсткість та міцність основних деталей та вузлів конструкції, визначити рекомендації щодо монтажу та експлуатації, а також визначити рівень уніфікації та стандартизації накату. Потрібно виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації конструкції; розробити складальні кресленики накату, тамбурного валу і циліндра, та креслення патрона тамбурного валу.

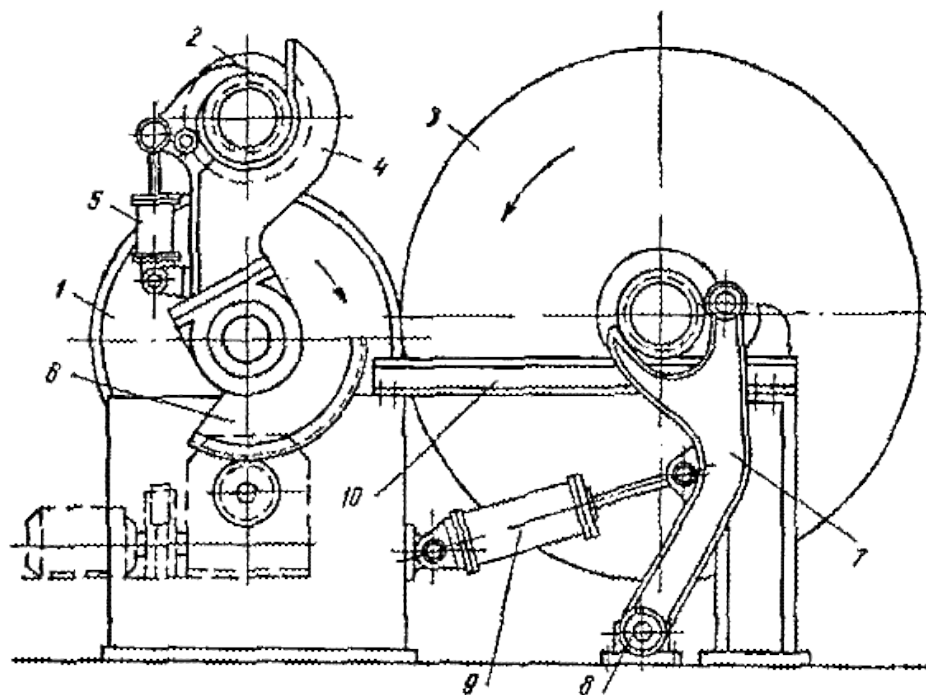
					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область використання установки

1.1 Опис технологічного процесу

Рулон паперового полотна на тамбурному валі обертається під дією зусилля притискання між поверхнями рулону та циліндру накату. Зі збільшенням діаметра намотуваного рулону сповільнюється його рух, однак його колова швидкість залишається постійною, рівною швидкості барабана (з точністю 0,05 – 0,05 %) [1].

Схема периферичного накату зображена на рисунку 1.1.



1 – циліндр накату; 2 – тамбурний вал; 3 – рулон паперу; 4 – заправочні важелі; 5 – пневматичний циліндр заправочних важелів; 6 – механізм повороту заправочних важелів; 7 – основні важелі; 8 – наскрізний вал; 9 – пневматичний циліндр робочих важелів; 10 – направляюча.

Рисунок 1.1 – Периферичний накат

Одним з найважливіших модернізацій папероробних машин на заміну осьового є поява периферичного накату в 1918-1921 р., що дозволило значно підвищити швидкість машини. Основною відмінністю від осьового накату є те,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705541.001 ПЗ

Арк.

14

що заправка тамбурних валів здійснюється пневматично при високих швидкостях машини. На папероробних машинах встановлюють периферичні накати з пневматичним (рідше гідравлічним) притисканням і відведенням рулону.

Конструкція циліндру накату є аналогічною холодильним циліндрам. Всередину циліндра подається охолодна вода, завдяки цьому відбувається зменшення електризації полотна і його охолодження. Також на циліндра встановлюють шабер, який очищує його від забруднень і запобігає намотуванню паперового полотна на циліндр. Діаметр циліндра накату становить 1,1 м. Конструкція тамбурного валу являє собою сталеву трубу з цапфами. На цапфах розміщений підшипниковий вузол і механізм розгону валів. Діаметр тамбурного валу становить 0,42 м.

Початком намотування паперового полотна є встановлення тамбурного валу в приймальні важелі після попереднього намотування по 50 – 70 мм полотна. Автоматично з приймальних важелів тамбурний вал переводять на основні важелі, котрі застосовують для притискання намотаного рулону до циліндра накату, а також для відведення його наприкінці процесу намотування. Рух важелів синхронізує спеціальний вал, що їх з'єднує. Тиск між циліндром накату та рулоном впливає на якість намотування, тому його автоматично підтримують за допомогою регулятора тиску на рівні 2 – 4 кНм.

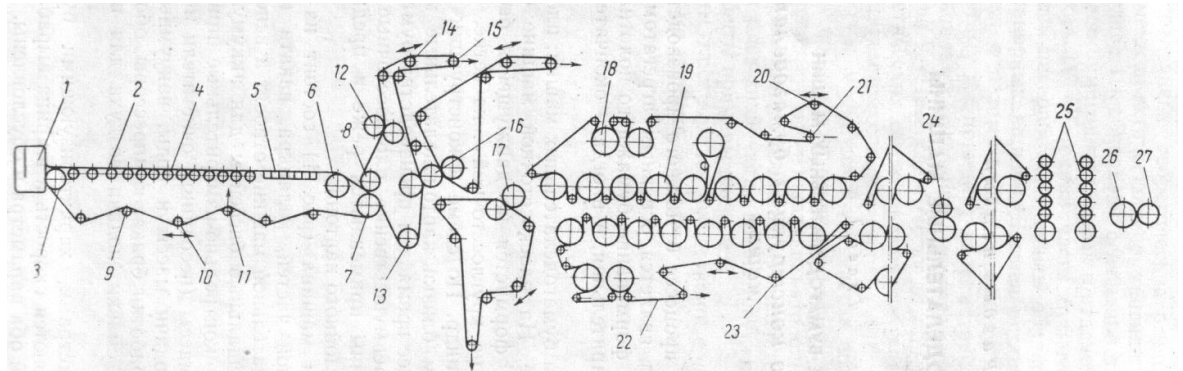
Коли діаметр намотуваного рулону досягає 2 м, рулон відводиться від циліндра накату, подальший рух і обертання зупиняють гальмівним пристроєм. За допомогою крана тамбурний вал транспортують до поздовжньо-різального верстата, де паперове полотно перемотується і розрізається на рулони необхідного стандартного формату. Рулони повинні мати гладкі і рівні торці, а також легко розділятися після зняття їх з верстату. У процесі розрізання та перемотування паперового полотна в рулони усувають дефекти, кінці склеюють

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальною стрічкою та обрізають крайки, які пневматично направляють в гідророзбивач сухого браку для переробки.

1.2 Вибір типу накату і його місце в технологічній схемі

Технологічна схема установки для одержання санітарно-гігієнічного паперу зображена на рисунку 1.2 [2].



1 – напірний ящик; 2 – сітка; 3 – грудний вал; 4 – реєстровий валик; 5 – відсмоктуючий ящик; 6 – гауч-вал; 7 – головний вал; 8 – пересмоктуючий пристрій; 9 – сітководучий вал; 10 – сукноправка; 11 – сукнонатяжка; 12 – сукномийка; 13 – відсмоктуючий вал; 14 – сукноправка; 15 – сукнонатяжка; 16 – вертикально-здвоєний прес; 17 – другий прес; 18 – сукно сушильний циліндр; 19 – сушильний циліндр; 20 – сукно правка; 21 – сукнонатяжка; 22 – сукно; 23 – сукноведучий валик; 24 – напівсирий каландр; 25 – каландр з двома шестивальними батареями; 26 – циліндр накату; 27 – рулон, який намотується

Рисунок 1.2 – Схема папероробної машини

В технології виготовлення паперового полотна папероробна машина є основним механізмом. Машина поєднує в собі процеси для виготовлення полотна від маси до паперового полотна. Папероробна машина складається з сіткової, пресової і сушильної частини, каландру, накату і привода машини.

Готова паперова маса акумулюється в мішальних басейнах, звідки через регулятори концентрації переходить в апарат для очистки маси. Далі маса з

концентрацією 0,1 – 1,3 % опиняється в напірному ящику, звідки через напускну щілину випускається на рухому металеву сітку.

На сітковій частині відбувається формування паперового полотна, що являє собою видалення основної кількості води з паперової маси. Металева сітка проходить по підтримуючим реєстровим валикам, вона виконує функцію швидкорухаючого фільтра. Паперова маса на реєстровій частині зневоднюється до концентрації 2 – 4 %, а іноді менше. Зневоднення до 8 – 12 % відбувається на відсмоктуючих ящиках. Далі паперове полотно переходить на гауч-вал, сухість після нього складає 18 – 22 %.

Після сіткової частини паперове полотно переходить на пресову частину, яка зазвичай складається з двох – трьох пресів, на яких воно послідовно зневоднюється до сухості 27 – 40%.

Сіткову та пресову частину ще називають мокрою частиною. Із загальної кількості видаленої води з паперового полотна на сіткову частину припадає 40 – 60 %, а на пресову 3 – 4 %. Далі полотно транспортується на сушильну частину.

Сушильна частина являє собою розміщені в шаховому порядку, часто в 2 ряди, тонкостінні чавунні сушильні циліндри, які середини обігріваються паром. Паперове полотно проходить по черзі дотикаючись до нижніх і верхніх циліндрів то одною, то іншою своєю поверхнею. Після сушильної частини сухість полотна складає 92 – 95 %, а температура 80 – 95 %.

Для охолодження паперу до 50 – 55° і поверхневого зволоження з метою надання паперу хорошої пластичності і покращення процесу каландрування в кінці сушильної частини встановлюється холодильний циліндр.

Потім паперове полотно пропускають через каландр, призначення якого – ущільнення паперового полотна та підвищення гладкості і лоску. Каландр складається з 3 – 10 ретельно відшліфованих чавунних валів, які знаходяться один над одним. Паперове полотно огинає по черзі вали каландра і проходить між ними при тиску, який збільшується.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після каландра паперове полотно потрапляє на накат, де намотується в рулон діаметром 0,6 – 2 м та тамбурний вал. Далі папір направляють чи то на поздовжньо-різальний верстат (де його розрізаються на рулони заданих розмірів), чи на паперорізальну машину – саморізку (де папір розрізається на листи). Рулони паперу після поздовжньої різки упаковують на рулонопакувальній машині.

Розрізняють два види механізму накату осьовий та периферичний. Осьовий накат має ряд значних недоліків. Основні недоліки – періодична дія, ручна перезавправка паперового полотна, невисокі швидкості. Тоді як переваги периферичного накату очевидні – автоматична перезавправка полотна, щільне і рівномірне намотування при меншому натягу полотна. У результаті полотно менше обривається на накаті і при наступній обробці [1]. Тому метою даного проекту є модернізація периферичного накату для намотування паперового полотна в рулони.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика накату наведена в таблиці 2.1.

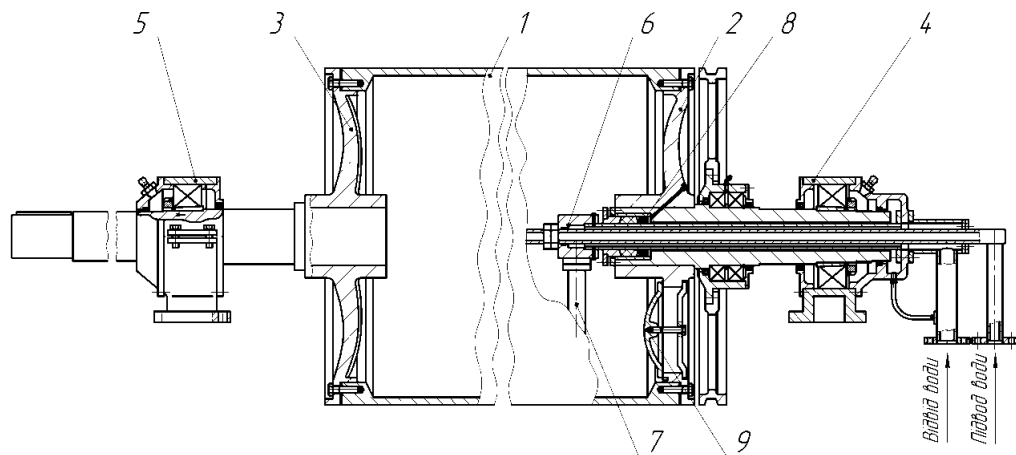
Таблиця 2.1 - технічна характеристика накату

Параметри	Розмірність	Значення
Ширина паперу	м (мм)	4,2 (4200)
Швидкість накату	м/с (м/хв)	20,9 (1254)
Діаметр циліндра накату	м (мм)	1,1 (1100)
Діаметр тамбурного валу	м (мм)	0,42 (420)
Максимальний діаметр намотуваного рулону	м (мм)	2 (2000)
Охолодження циліндра накату		водяне з циркуляцією
Притискання рулону до циліндра накату		пневматичний
Відвід рулону від циліндра накату		пневматичний
Управління притискання і відводом рулону		з пультом управління автоматичним або дистанційним
Встановлена потужність двигуна	кВт	71
Ширина накату	м (мм)	9,05 (9050)
Довжина накату	м (мм)	12,65 (12650)
Висота накату	м (мм)	4,06 (4060)

до циліндра накату здійснюється за допомогою основних (притискних) важелів. Балка опирається на станину і стойку. Гальма призначені для зупинки рулону після закінчення намотування.

Розправляючий вал типу Маунт-Хоуп слугує для розправлення паперового полотна і попередження утворення складок.

Призначення циліндру накату приведення рулону в рух. Тамбурний вал з рулоном обертається під дією зусилля притискання рулону до циліндра накату.

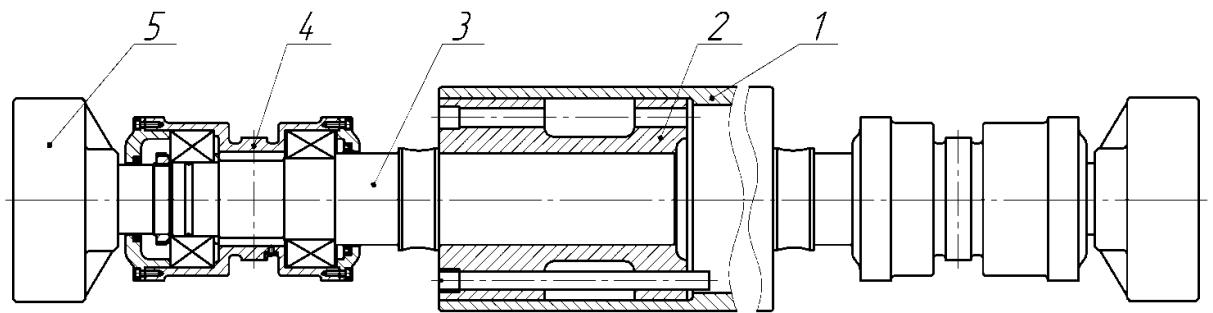


1 – барабан (циліндр), 2,3 – кришка, 4,5 – цапфа, 6 – труба,
7 – сифон, 8 – підшипник кочення, 9 – люк

Рисунок 3.2 – Циліндр накату

Циліндр накату представляє собою чавунний барабан, до торців якого прикріплені кришки, в які запресовані сталеві цапфи. Цапфи опираються на підшипники кочення, установлені в сталевих корпусах. Для зменшення електризації і охолодження картону всередину циліндра подається вода, яка розбризкується через отвори в трубі, а відводяться за допомогою нерухомого сифона. Підвід і відвід води із циліндра здійснюється через лицеву цапфу. Для зборки та обслуговування сифона та підшипника кочення у лицевій кришці циліндра є люк. На лицевій цапфі циліндра накату встановлений шків, на якому зроблена канавка для канатикової заправки. В накаті канатикова заправка має індивідуальний привід, тому шків встановлений на підшипниках кочення.

Вал тамбурний (рисунок 3.4) призначений для намотування на нього рулону картону на накаті і транспортування його на поздовжньо-різальний верстат (ПРВ), та установці валу на розкаті цього верстату.



1 – труба, 2 – патрон, 3 – цапфа, 4 – корпус підшипників, 5 – півмуфта

Рисунок 3.4 – Тамбурний вал

Вал представляє собою стальну трубу із запресованими в неї чавунними патронами і стальними цапфами. Вал динамічно збалансований. На тамбурний вал, з кожної сторони, встановлені два підшипникових вузла. На кінці валу напресовані півмуфти, завдяки ним вал з'єднується з приводом. При установці тамбурного валу в заправочні важелі зовнішня циліндрична поверхня півмуфти дотикається до колеса розгінного пристрою, завдяки чому вал починає обертатися.

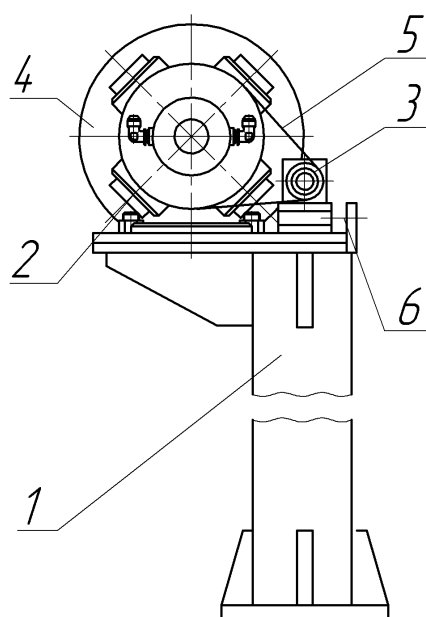
В накаті є два симетричних заправочних важелі, які представляють собою сталі кронштейни, закріплені на корпусі підшипника кочення. Важіль, за допомогою підшипника кочення, установлюється на корпусі підшипника циліндра наката. По довгому перу важеля пневмоциліндром переміщується повзун, який служить для закріплення корпусу підшипника тамбурного валу в заправочних важелях та створення додаткового притискання валу до циліндра наката на початковому етапі намотування

Основні важелі призначені для створення лінійного тиску між рулоном, що намотується, і циліндром наката, зупинки валу, що обертається, і притискання його до гальм. Тиск за допомогою важелів передається від пневмоциліндрів, що встановлені в станинах, з якими важелі з'єднуються пальцями.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Механізм канатикового ножа складається із каретки, що переміщується по направляючій балці. На каретці встановлюється катушка з намотаною на неї ріжучою ниткою. Для регулювання натягу нитки на каретці є підпружинений регулюючий затискач. По балці каретка переміщується на роликах, установлених на осях, що мають ексцентрики. Ексцентрики призначені для усунення перекосу каретки в направляючих. Повертаючи осі, досягають притискання до направляючих всіх роликів.

Розгінний пристрій (рисунок 3.5) призначений для попереднього розгону тамбурного валу до робочої швидкості машини.



1 – стойка, 2 – пневмодвигун, 3 – тахогенератор, 4 – колесо, 5 – клиноремінна передача, 6 – натяжний пристрій

Рисунок 3.5 – Розгінний пристрій

Розгінний пристрій складається із стойки, на якій установлений пневмодвигун і тахогенератор. На валу пневмодвигуна закріплено колесо, до якого дотикається півмуфта тамбурного валу при розгоні. Тахогенератор слугує датчиком кількості обертів пневмодвигуна.

Шабер призначений для очистки циліндра накату від забруднень і попередження намотування на нього картонного полотна під час заправки або

обриві. Шабер складається із корпусу, державки, леза та механізму осьового переміщення. Корпус шабера зварний, коробчатого перерізу. Цапфами корпус установлений в підшипники кочення, що дають змогу переміщатися шаберу в осьовому напрямку. Осьове переміщення шабера необхідне для зменшення зносу поверхні циліндра накату і забезпечується двома пневмокамерами. Важелі слугують для підводу до циліндра накату і відведення від нього шабера.

Привод призначений для переміщення тамбурного валу в період заправки і транспортування його на балки. Привод складається із електродвигуна постійного струму, планетарного редуктора, електромагнітних гальм, фрикційної муфти граничного моменту і зубчатої муфти, змонтованій у спільній рамі.

Муфта, що складається із двох півмуфт, корпусу і ряду фрикційних дисків: ведучих і ведених. Ведучі диски шпонкою з'єднані із півмуфтою, ведені – з корпусом. Крутний момент, що передається муфтою залежить від сили стискання дисків і сили тертя між ними. Для збільшення коефіцієнта тертя і зменшення необхідної сили стискання ведені диски мають накладки із фрикційного матеріалу.

3.2 Вибір матеріалів

Працездатність фрикційних та черв'ячних передач, підшипників кочення, валів та багатьох інших деталей папероробної машини залежать від міцності їх поверхні (її ще називають контактна міцність). Руйнація робочої поверхні будь-якої деталі залежить від величини напруги, що має назву контактна напруга.

Одним з найвідповідальніших етапів розробки є вибір конструкційних матеріалів. Фактори, що враховують при виборі матеріалу: вимоги до маси, габарити деталі; вартість і дефіцит матеріалу; відповідність властивостей матеріалу основному критерію працездатності; вимоги пов'язані з умовами експлуатації деталей. В основному при конструюванні використовують чорні

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

метали – сталі та чавуни. Обґрунтувати це можна їх високою міцністю та жорсткістю, проте коштують вони відносно небагато.

Оболонку циліндра накату виконано з чавуну СЧ 35 – має високі ливарні властивості та достатні механічні, ГОСТ 1412-85. Границя витривалості на згинання становить 150 МПа. Цапфи циліндра виконано з якісної вуглецевої сталі Ст 40 – застосовують сталь для виготовлення деталей, що витримують значні навантаження, ГОСТ 1050-88. Границя витривалості на згинання становить 280 МПа.

Тамбурний вал виконано з Ст 40, ГОСТ 1050-88, що задовольняє умови міцності. Для основного та допоміжних важелів обирали леговану конструкційну сталь Ст 40Х, ГОСТ 4543-71, де Х – хром.

Тамбурний вал має гумоване покриття Гума ЕПДК – етилен-пропіленові каучуки, серед властивостей висока стійкість в агресивних середовищах і гарні діалектичні властивості.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції аналогами

В якості аналога приймаємо периферичний накат з ПАО «Київський картоно-паперовий комбінат» в м. Обухів. Результати технологічної характеристики накату та аналога наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технологічної характеристики накату та аналога

Параметри	Аналог	Дана конструкція
1	2	3
Обрізна ширина, м	4,2	4,2
Швидкість накату, м/с	13,5	20,9
Діаметр циліндру накату, м	1,1	1,100
Діаметр тамбурного валу, мм	0,42	0,42

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
Максимальний діаметр рулону, м	1,8	2,8
Потужність двигуна, кВт	60	71
Час намотування одного рулону, с	2124	2641
Ширина накату, м	9,05	9,05
Довжина накату, м	12,65	12,65
Висота накату, м	4,06	4,06

3.4 Патентне дослідження

В дипломному проекті розроблено конструкцію периферичного накату для намотування паперового полотна в рулони.

Предмет пошуку – 1) накат папероробної машини; 2) пристрій для намотування рулонів; 3) спосіб і пристрій для намотування рулонів; 4) спосіб і пристрій для намотування і транспортування рулонів;

Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо периферичного накату папероробної машини (визначення патентоздатності модернізованого накату та визначення напрямку розвитку целюлозно-паперового виробництва).

Визначення держав пошуку. Встановлені такі держави пошуку: Україна, США, Китай, Японія.

Регламент пошуку встановлюємо в межах 2009 – 2019 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК3 – МПК7 – D21G 9/00, B65H 18/10 (23/26), B65H 18/26.

Джерела інформації:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) патентна інформація: опис до винаходів, офіційні патенти бюлетені Укрпатенту, Роспатенту;

2) науково-технічна інформація: підручники та навчальні посібники з курсу папероробні, картоноробні та спеціальні машини.

Відомості про патенти та джерела пошуку наведені у додатку А.

Розглянемо патент України [4]. Автором розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.6). Накат містить циліндр наката і тамбурний вал, який відрізняється тим, що поверхня циліндра наката вкрита тонким шаром матеріалу з високим коефіцієнтом тертя.

Перевагою конструкції є те, що накат папероробної машини забезпечує збільшення зчеплення поверхні циліндра наката з паперовим полотном.

Недоліком конструкції є пониження провідності стін циліндра, яке впливає на охолодження паперового полотна.

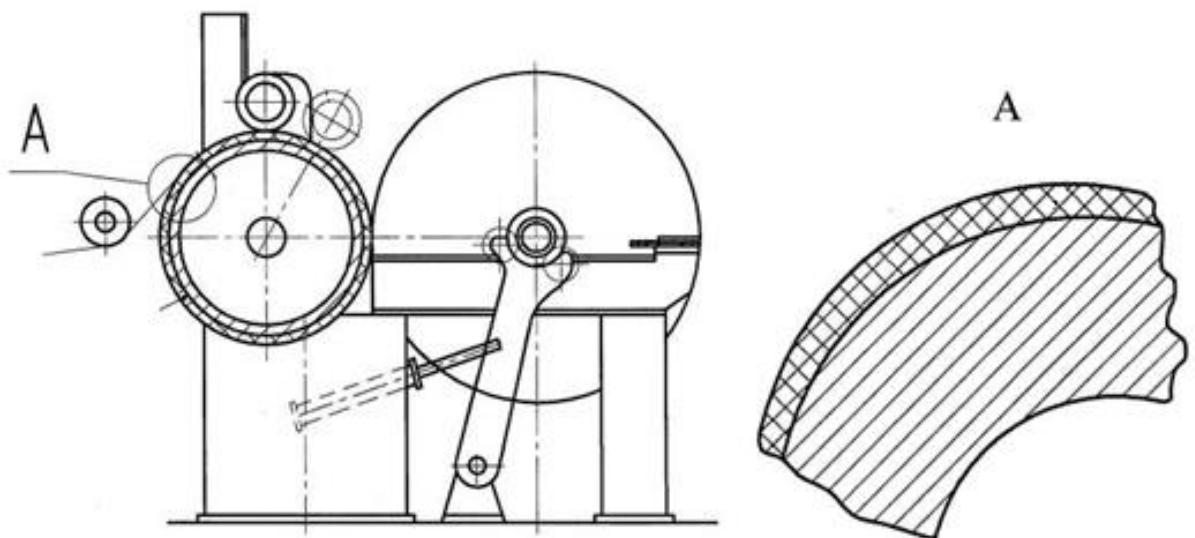


Рисунок 3.6 – Схема периферичного наката

Розглянемо патент України [5]. Авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.7). Накат містить циліндр наката, тамбурний вал і механізм притискання тамбурного вала до циліндра наката, який відрізняється тим, що рулон переміщується пристроєм, що рухається по направляючих за допомогою пневмоциліндра.

Перевагою є те, що конструкція механізму притискання тамбурного вала до циліндра на периферичному накаті папероробної машини дає змогу більш рівномірно намотувати полотно та контролювати за цей процес.

Недоліком даного периферичного накату є те, що діаметр рулону залежить від встановленого пневмоциліндра, тому діаметр рулону обмежений ходом штоку пневмоциліндру.

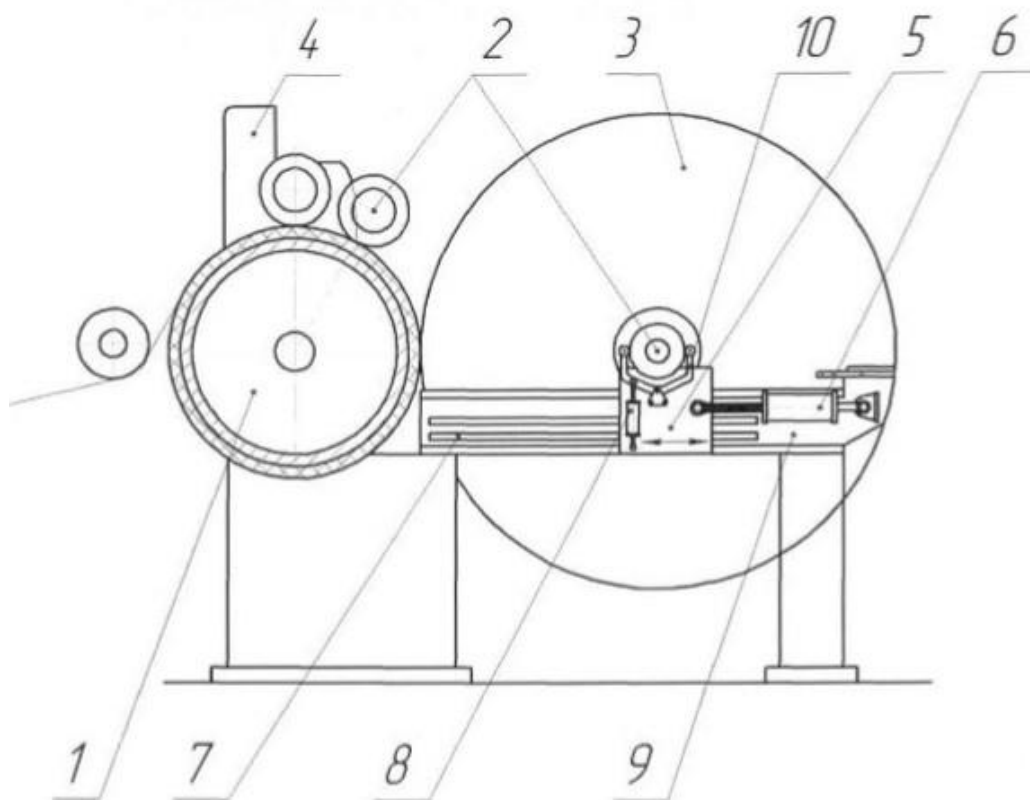


Рисунок 3.7 – Схема периферичного накату

Розглянемо патент Китаю [6]. Авторами розроблено периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.8), що містить станину з опорами, секцію направляючих валів, привід та тамбурний вал, на який намотується в рулон полотно.

Недоліки даної конструкції проявляються під час експлуатації установки, які полягають в складності заміни тамбурного вала з намотаним рулоном на новий тамбурний вал та у відсутності охолодження полотна за допомогою циліндра накату.

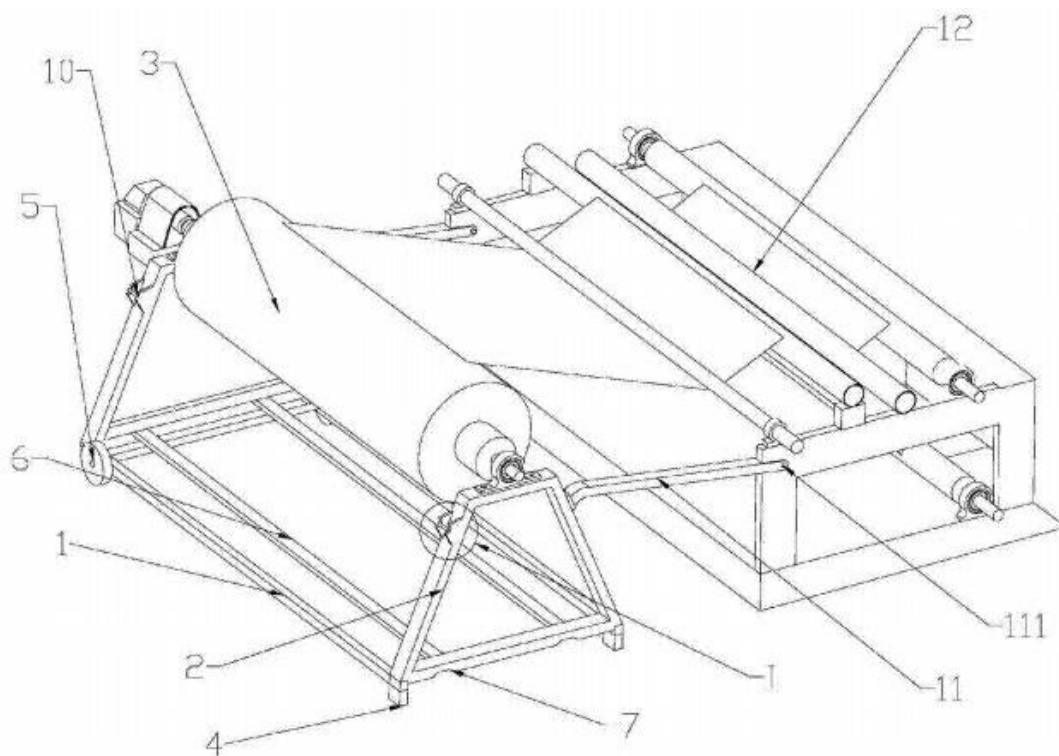


Рисунок 3.8 – Схема периферичного накату

Розглянемо патент України [7], авторами розроблений периферичний накат папероробної машини (рисунок 3.9), містить циліндр накату, тамбурний вал, напрямну, засіб гальмування тамбурного вала з рулоном у вигляді кутового важеля і упора з встановленими на них гальмівними колодками.

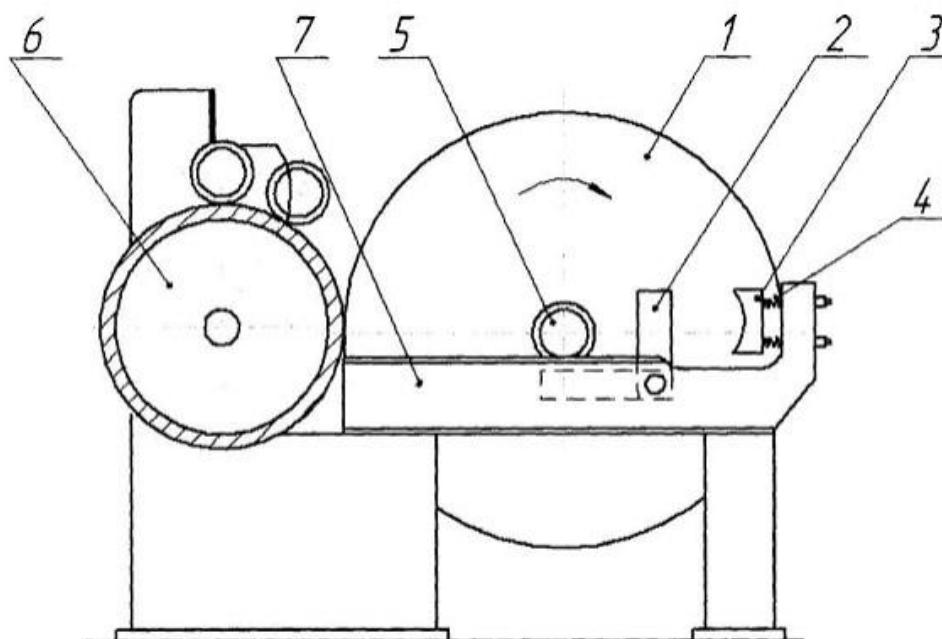


Рисунок 3.9 – Схема периферичного накату

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705541.001 ПЗ

Арк.

29

Перевагою є те, що в розробленій конструкції автори спрощують конструкцію гальмівної системи та знижують кількість браку після намотування рулону

Недоліком даної конструкції є відносно не висока щільність намотування та погіршення якісних показників паперового полотна.

Розглянемо патент США [8] авторами розроблений намотувальний пристрій для намотування безперервно надходить матеріалу полотна на барабан, включаючи контактний ролик, за допомогою якого матеріал полотна може бути спрямований і перенесений на барабан в контакт з поверхнею контактного ролика. Контактний ролик має опорну трубу і волокна, які виступають з зовнішньої сторони опорної труби і утворюють поверхню контактного ролика. Волокна поширюються по суті перпендикулярно до поздовжньої осі контактного ролика таким чином, що перші кінці волокон прикріплюються до опорної трубки, а інші вільні кінці визначають поверхню контактного ролика.

На рисунку 3.10 зображено вигляд спереду часткового розрізу контактного ролика, використовуваного в пристрої намотування згідно даного винаходу, на рисунку 3.11 показана принципова схема першого зразкового варіанту пристрою намотування згідно даного винаходу.

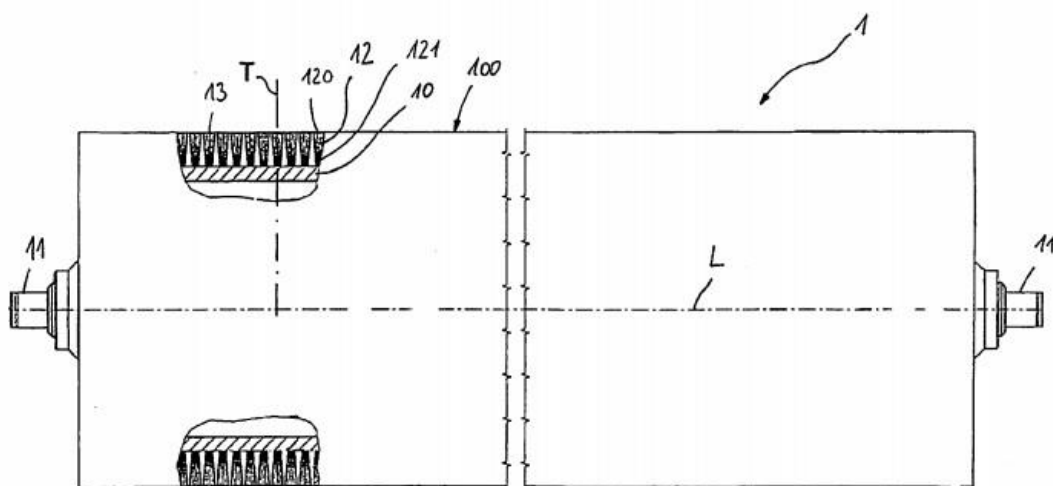


Рисунок 3.10 – Схема контактної ролика

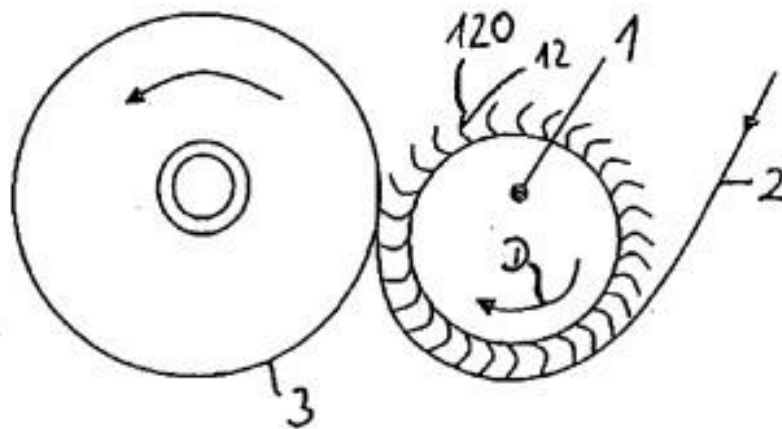


Рисунок 3.11 – Схема пристрою намотування

Перевагою даного винаходу є модифікація пристрою для намотування з контактним роликом таким чином, що навіть в барабанах, в яких діаметральні допуски викликають нерівномірність, забезпечується особливо рівномірний результат намотування.

Недоліком даної конструкції є погіршення якісної характеристики паперового полотна.

Висновок:

1. Модернізація периферичного намоту направлена в напрямку підвищення ефективності їх роботи.
2. Найактивніше патентні дослідження здійснюють в таких країнах, як США, Японія, Китай та країни ЄС.
3. Подальші дослідження спрямовані на спрощення конструкції та в напрямку покращення якості одержаного продукту, пониження матеріалоємності апарата та енергетичні затрати на реалізацію процесу.
4. Попередні дослідження виконані в цій роботі свідчать, що застосованому в технологічній схемі периферичний намот не використано відмінних ознак проаналізованих винаходів.

Основні елементи намоту є досить відомими і забезпечують необхідну інтенсивність та ефективність проведення процесу. Патенти відібрані для подальшого аналізу вказані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Предмет пошуку	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості про їх дію
Накат папероробної машини	Патент № 55233 (UA), МПК(2009) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. Мельник, Мулярська – заявка № u201006224, 21.05.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.	Діє
Накат папероробної машини	Патент № 78697 (UA), МПК(2013) D21G 9/00. Накат периферичний. Новохат, Василенко – № u201211732; заявл. 10.10.2012; опубл. 25.03.2013	Діє
Спосіб і пристрій для намотування рулонів	Patent CN205526859U China, Int. C1. B65H 18/10 (23/26) (2006/01) One kind of winding 40 device / Ren Jianhua, Wu Rongrong, 2016.04.14.	Діє
Накат папероробної машини	Патент № 74546 (UA), МПК (2012) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини Федорко, Петров – № u201102094; заявл. 22.02.2011; опубл. 12.11.2012	Діє
Спосіб і пристрій для намотування рулонів	Patent US 2011/0101.150 A1 United States, Int. C1. B65H 18/26 WINDING DEVICE Helmut Meyer, Troisdorf (DE) Sep. 20, 2010.	Діє

4. Охорона праці

1) Постійна організація заходів з охорони праці на виробництві розпочинається з того, що керівних видає наказ щодо організації служби охорони праці на виробництві, яким регламентується її функціонування, і визначаються завдання.

2) Тема дипломного проекту «Модернізація накату папероробної машини» на стадії експлуатації при роботі лінії з виробництва санітарно-гігієнічного паперу розроблено дії щодо забезпечення безпечних умов праці [10].

3) Розглянемо робоче місце оператора, що являє собою кімната поблизу робочої лінії з площею $S=16\text{м}^2$ та об'ємом $V=48\text{ м}^3$. Шкідливі та небезпечні чинники на робочому місці:

- електронебезпека;
- промислове освітлення;
- механічна небезпека;
- повітря робочої зони;
- пожежна небезпека.

Основними завданнями служби охорони праці є впровадження спеціальних процесів різносторонніх аспектів діяльності робочого персоналу та підприємства, що можуть впливати на безпеку роботи виробництва, гарантування життя і здоров'я людей. Серед них:

- розроблення необхідної документації для охорони праці на підприємстві;
- контроль та гарантування дотримання співробітниками норм і вимог охорони праці, умов колективного договору;
- виконання санітарно-гігієнічних правил та норм трудового законодавства;
- застереження виробничого травматизму, мотивація позитивних рішень, котрі підвищують безпеку праці;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інформування співробітників про правила безпечної роботи.

Функції служби охорони праці

Виконання встановлених задач визначає функції відділу охорони праці на підприємстві. Основні з них:

- загальний аналіз стану роботи з охорони праці на підприємстві;
- застерігання від виробничих травм і професійних захворювань;
- розробка заходів з приводу покращення умов праці;
- контроль та перевірка виконання умов трудового договору відносно покращення умов праці, оздоровлення працівників, котрі мають шкідливі умови праці для здоров'я;
- заохочення на впровадження сучасних стандартів для безпечної роботи;
- впровадження сучасних розробок і заходів, що підвищують безпеку виробництва;
- обов'язковий систематичний контроль технічного стану будівель, устаткування, особливо, що може впливати на створення здорових умов праці, участь в роботі комісій, що здійснюють ці функції;
- регулярне проведення всіх видів інструктажів на підприємстві.

Основна документація з охорони праці

Існують обов'язкові вимоги щодо того, які документи з охорони праці мають бути на виробництві. Обов'язково повинні бути присутні положення про відділ ОТ (або його представництві), а також – посадові інструкції фахівців.

Крім цього переліку документів з охорони праці на підприємстві повинні бути:

- інформативні журнали вступного та первинного інструктажів та журнали, які реєструють їх проведення;
- інструкції з охорони праці виділені за видами робіт і за спеціальностями;
- журнали, в яких зафіксовано наявність, а також видачу відповідним службам і фахівцям;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перелік професій, які мають шкідливі умови праці, що потребують регулярного медичного контролю;
- накази щодо призначення осіб, відповідальними за безпеку праці на окремих ділянках виробництва;
- програми для забезпечення та покращення охорони праці на підприємстві;
- наказ про атестацію робочих місць;
- журнали реєстрації виробничих ушкоджень та травматичних випадків, і також заходів щодо усунення обставин, що спровокували їх.

Важливо, документація з охорони праці на підприємстві повинна містити основні форми державної звітності з охорони праці; положення про компенсації за шкідливі або небезпечні умови професійної діяльності; форми звітності про травматизм і інші документи, що сприятимуть підвищенню ефективної охорони праці та безпеки.

4.1 Небезпека враження електричним струмом

1) Згідно з Правил устрою електроустановок (ПУЕ) приміщення відноситься до класу «Особливо небезпечних».

2) Характеристика електромережі живлення лінії використовується електромережа з напругою 220/380 В, частотою 50 ГЦ з ізольованою електронейтраллю.

3) Причинами електротравматизму співробітників під час роботи лінії можуть стати такі фактори та дії:

- невідповідність електроустановок, засобів захисту і пристосувань вимогам безпеки та умовам застосування;
- дефекти та недоліки будови електроустановок і захисних засобів (дефекти розробки, виготовлення, монтажу чи ремонту);

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- несправність електроустановок та захисних засобів, що могли виникнути в процесі експлуатації;

- користування захисними засобами з вичерпаним терміном періодичних випробувань.

4) Заходи захисту персоналу від враження електричним струмом під час роботи лінії:

- всі струмопровідні частини повинні бути недоступні;
- безпечна і якісна автоматизація захисного блокування струмопровідних частин;

- виконання контролю за станом ізоляції перед кожним запуском лінії.
- здійснення заходів з навчання, атестації та переатестації електротехнічного персоналу.

5) Заходи захисту персоналу при нормальному режимі роботи лінії:

- встановлення запобіжних знаків і плакатів;
- необхідні планові перевірки та ремонтування електропроводки та електрообладнання;

- застосування ізоляції тільки належної якості, у деяких випадках – подвійної;

- обов'язкове заземлення електричного обладнання і складових електроустановок;

- ізолювання електроприймачів від загальної мережі.

4.2 Механічна небезпека

Робоча лінія при виготовленні паперу складається з багатьох рухомих частин на швидкості понад 1250 м/хв, тому наслідки невиконання техніки безпеки можуть бути фатальними, травма або навіть смерть.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Через це, вздовж всієї робочої лінії стоїть огорожа. На огорожі обов'язково прикріплений плакат «Обережно! Працюють люди». До лінії не можна підходити ближче ніж на 1 метр під час роботи установки.

4.3 Повітря робочої зони

Параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні для даної категорії робіт наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри мікроклімату в робочій зоні.

Сезон року	Категорія робіт – 1б					
	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
Холодний	19–25	19–20	Не більше 75	40–65	Не більше 0,2	0,2
Теплий	19–25	20– 25	Не більше 75	40–70	Не більше 0,2	0,2

Параметри повітря робочої зони відповідають ДСН 3.3.6.042–99.

Забезпечення параметрів виконується в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70–90 °С, а в теплий час року – потоком прохолодного повітря– витяжною вентиляцією ДСН 3.3.6.042–99.

4.4 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки на підприємствах та в організаціях покладається на їх керівників. Начальники цехів, дільниць, майстернями та інші

посадові особи повинні дотримуватися на відведених їм ділянках роботи відповідний протипожежний режим, забезпечити постійну готовність до дії, також наявні засоби пожежогасіння, зв'язку та сигналізації.

Інструкції про заходи пожежної безпеки повинні висіти на видимих місцях. Кожен співробітник зобов'язаний знати та дотримуватись правил пожежної безпеки, ні в якому випадку не виконувати дія, що можуть призвести до пожежі.

Всі виробничі, складські, допоміжні і службові приміщення та будівлі необхідно утримувати в чистоті та порядку, особливо при роботі з легкозаймистими матеріалами. Евакуаційні виходи не мають бути захарашені, також вони повинні легко відкриватись в напрямку з будівлі на вулицю.

Обов'язково повинні бути передбаченні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі. Обладнання не повинно викликати загоряння і вибухи за умов нормальної роботи.

Всі співробітники проходять обов'язковий інструктаж з пожежної безпеки, а в цеху ознайомлюються з пожежним інвентарем і його місцезнаходженням. Важливо пам'ятати, що будь-яку пожежу легше запобігти, ніж загасити. Закривати і перекривати пожежні проїзди і проходи до пожежного інвентарю, обладнання та пожежних кранів забороняється. Палити на території підприємства категорично забороняється, так як поблизу можуть знаходитися легко займисті матеріали. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, позначених написом «Місце для куріння».

Для запобігання вибухів та пожеж проводять такі заходи:

- дотримання всіх правил та норм експлуатації;
- паління у спеціально відведених для цього місцях;
- наявність пожежної сигналізації;
- проведення інструкції та перевірка знань;
- регулярна перевірка обладнання, в особливості електричного.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До обов'язкових для всіх відносяться ті, які вимагає служба пожежного нагляду:

- обов'язкові накази про призначення осіб, відповідальних за проведення інструктажу, перевірку засобів попередження і гасіння полум'я;
- плани евакуації з будинку на видних місцях кожного поверху;
- накази про проведення консультації співробітників про правила пожежної безпеки на підприємстві, а також про перевірку їх знань;
- документи, таблиці або графіки вимірювань опору електромереж;
- наявність тренажерів, програм або посібників для тренування навичок співробітників;
- журнал, в якому реєструються дати проведення занять і тренувальних тривог;
- свідоцтва, які підтверджують якість та термін придатності всіх реалізація засобів і попередження пожеж, пожежної техніки;
- висновок експертів-професіоналів, які підтверджують знання співробітників правил пожежної безпеки;
- висновок професійної комісії про відповідність виконання пожежних вимог;
- акти і затверджені інструкції пожежного режиму.

Для гасіння невеликих вогнищ запалень при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 та пінні ОХП-10.

Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100.

Всього розташовано 3 евакуаційні виходи, відстань до яких – 35 метрів. Також в цеху розташовані пожежні гідранти на відстані 30 метрів один від одного з рукавами по 10 метрів.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина прорізу для дверей евакуаційні виходи – 2,5 м згідно з СНиП 2.09.02-85.

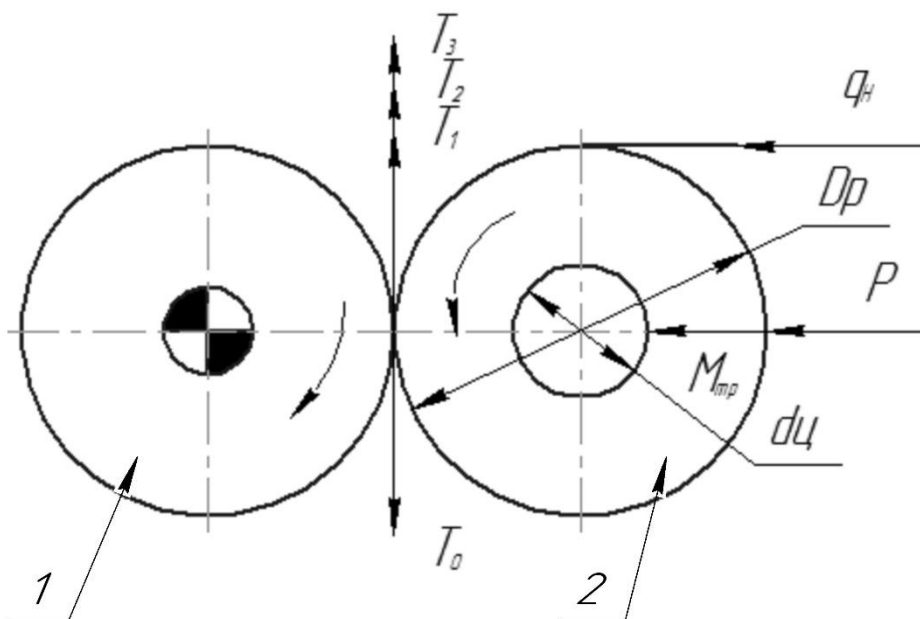
					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції накату

5.1 Потужність приводу накату

Мета розрахунку: визначити зусилля притискання рулону до циліндра накату та визначити потужність приводу накату і вибрати двигун.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.1.



1 – циліндр накату; 2 – рулон паперу.

Рисунок 5.1 – Схема накату

Вихідні данні до розрахунку:

швидкість машини V , м/с (м/хв)	20,9 (1254);
ширина полотна B , м	4,2;
маса тамбурного валу, кг	2000
питома маса паперу g , г/м ²	30.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Тягове зусилля на подолання натяжіння паперового полотна:

$$T_1 = q_H B = 400 \cdot 4,2 = 1680 \text{ Н},$$

де $q_H = 400 \text{ Н/м}$ – натяжіння полотна [11].

Сила тяжіння тамбурного валу:

$$G_T = Mg = 2000 \cdot 9,81 = 19620 \text{ Н},$$

де $M = 2000$ кг – маса тамбурного валу.

Сила тяжіння рулону:

$$G_P = \frac{\pi}{4} (D_P^2 - d_T^2) B \rho_P g = \frac{3,14}{4} \cdot (2^2 - 0,42^2) \cdot 4,25 \cdot 30 \cdot 9,81 = 63570 \text{ Н},$$

де $\rho_P = 500 \text{ кг/м}^3$ – густина паперу і рулону відповідно [3];

$d_T = 0,42$ м – діаметр тамбурного валу

$D_P = 2$ м – діаметр рулону

$d_{\Pi} = 0,15$ м – діаметр цапфи тамбура

f_{Π} – коефіцієнт тертя підшипників тамбурного валу $f_{\Pi} = 0,06$.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках тамбурного валу знаходиться з рівняння моментів:

$$\begin{aligned} T_2 &= (G_P + G_T) \cdot f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_P} + P f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_P} = \\ &= (63570 + 19620) \cdot 0,06 \frac{0,15}{2} + 8800 \cdot 0,06 \frac{0,15}{2} = 414 \text{ Н}, \end{aligned}$$

Зусилля притискання рулону до циліндра:

$$\begin{aligned} P &= \frac{q_H B + (G_P + G_T) \cdot f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_P}}{f_P - \left(f_{\Pi} \frac{d_{\Pi}}{D_P} + \frac{K_1}{D_P} \right)} = \\ &= \frac{400 \cdot 4,25 + (63570 + 19620) \cdot 0,06 \frac{0,15}{2}}{0,3 - \left(0,06 \cdot \frac{0,15}{2} + \frac{0,07}{2} \right)} = 7963 \text{ Н}; \end{aligned}$$

де $K_1 = 0,07$ м – коефіцієнт тертя кочення;

$f_P = 0,3$ – коефіцієнт тертя рулону по циліндру;

Визначаємо лінійний тиск:

$$q_H = \frac{P}{B} = \frac{7963}{4,2} = 1895 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 1,895 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова натягу полотна:

$$2 \text{ кН} < q_H < 4 \text{ кН}$$

$$2 \text{ кН} > 1,895 \text{ кН} < 4 \text{ кН}.$$

Приймаємо більше значення зусилля притискання рулону до циліндра $P = 8800 \text{ Н}$, тоді лінійний тиск:

$$q_L = \frac{P}{B} = \frac{8800}{4,2} = 2095 \text{ Н}.$$

$$2 \text{ кН} < q_H < 4 \text{ кН}$$

$$2 \text{ кН} < 2,095 \text{ кН} < 4 \text{ кН}.$$

Отже умова натягу полотна виконується.

Тягове зусилля на подолання сили тертя кочення рулону по циліндру накату:

$$T_3 = \frac{K_1}{D_p} \cdot P = \frac{0,07}{2} \cdot 8800 = 308 \text{ Н},$$

де $K_1 = 0,07 \text{ м}$ – коефіцієнт тертя кочення.

Сумарне тягове зусилля на подолання всіх основних опорів:

$$T_0 = T_1 + T_2 + T_3 = 1680 + 414 + 308 = 2402 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт швидкості:

$$K_V = 1 + 0,0004(V - 200) = 1 + 0,0004 \cdot (570 - 200) = 1,148$$

Потужність приводу накату:

$$N = \frac{T_0 V K_V K_M K_{\Pi}}{\eta_d \cdot \eta_p \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{2402 \cdot 20,9 \cdot 1,148 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{0,89 \cdot 0,9} = 140,3 \text{ кВт},$$

де $K_M = 1,25 \div 1,3$ – коефіцієнт перевантаження [3];

$K_{\Pi} = 1,5$ – коефіцієнт пусковий [3];

$\eta_d = 0,89$ – ККД двигуна;

$\eta_p = 0,9$ – ККД редуктора.

Приймаємо двигун постійного струму 4ПФМ280М УХЛ4, який має потужність 75 кВт, число обертів 1500/1900 об/хв.

Висновок: за наведеними розрахунками визначено зусилля притискання

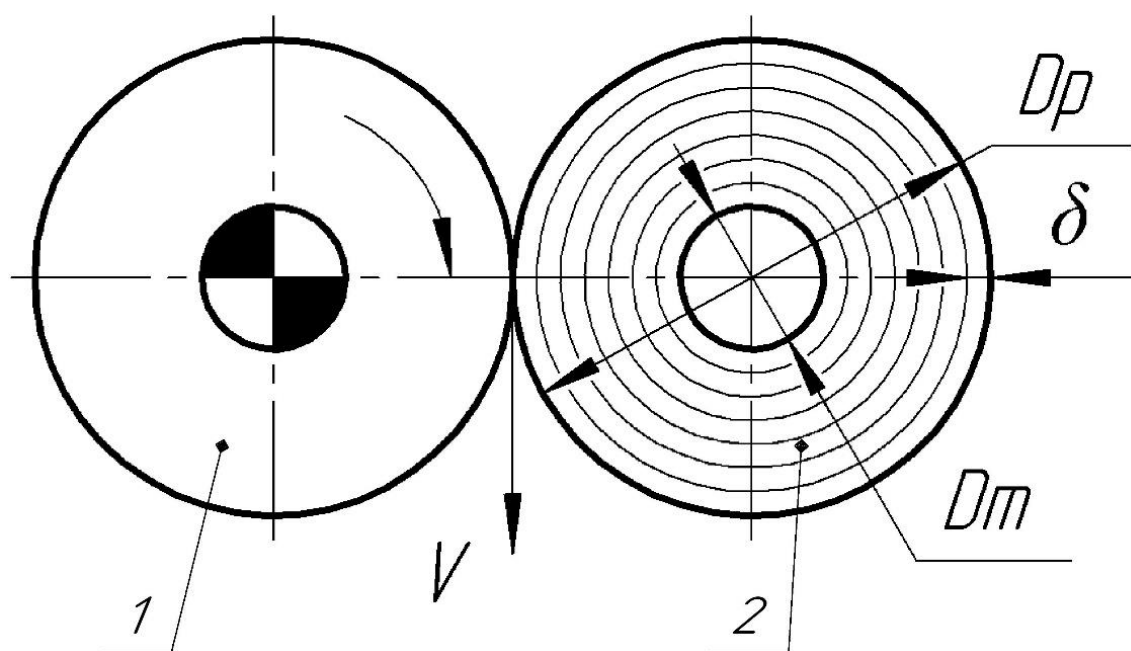
					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P = 8800 \text{ Н}$, необхідну потужність приводу та обрано двигун 4ПФМ280М УХЛ4 потужністю 71 кВт.

5.2 Розрахунок часу намотування паперу

Метою розрахунку: визначити час намотування на тамбурний вал та довжину намотаного паперу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.



1 – циліндр накату; 2 – рулон паперу.

Рисунок 5.2 – Схема намотування паперу

Вихідні данні до розрахунку:

швидкість машини V , м/с (м/хв)	20,9 (1254);
товщина паперу δ , м	0,000109;
діаметр рулону D_p , м	2;
діаметр тамбурного вала d_t , м	0,42.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Час намотування на тамбурний вал буде:

$$\tau = \frac{\pi(D_p^2 - d_t^2)}{4\delta V} = \frac{3,14 \cdot (2^2 - 0,42^2)}{4 \cdot 0,000109 \cdot 20,9} = 1317 \text{ с} = 22 \text{ хв.}$$

Довжину намотаного полотна:

$$L = V\tau = 20,9 \cdot 1317 = 27525 \text{ м}$$

Висновок: за наведеними розрахунками було визначено час намотування паперу на тамбурний вал 1317 с та довжину намотаного паперу 27525 м.

5.3 Розрахунок гальмівного зусилля

Метою розрахунку: визначити гальмівне зусилля P_T для зупинки рулону, що обертається.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.

Вихідні данні до розрахунку:

швидкість машини V , м/с (м/хв) 20,9 (1254);

час гальмування $\tau_{\text{тор}}$, с 15.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Маса рулону:

$$m_p = \frac{G_p}{g}, = \frac{63570}{9,81} = 6481 \text{ кг,}$$

де $G_p = 63570 \text{ Н}$ – сила тяжіння рулону.

Гальмівне зусилля для зупинки рулону:

$$P_T = \frac{m_p V^2 R_p}{2f V R_6 \tau_{\text{тор}}} = \frac{m_p V R_p}{2f R_6 \tau_{\text{тор}}} = \frac{6481 \cdot 20,9 \cdot 1}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 15} = 45146 \text{ Н.}$$

де $R_p = 1 \text{ м}$ – радіус рулону;

$R_6 = 0,2 \text{ м}$ – радіус гальмівного барабану;

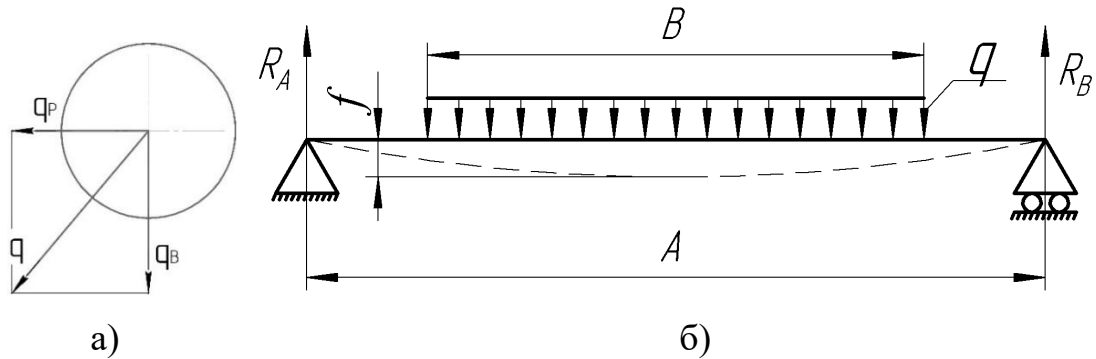
$f = 0,5$ – коефіцієнт тертя гальмівного барабану.

5.4 Розрахунок тамбурного валу

5.4.1 Розрахунок зусилля, що діє на тамбурний вал

Метою розрахунку: визначення навантаження на вал.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.



а – в поперечному перерізі; б – в повздовжньому перерізі.

Рисунок 5.3 – Схема тамбурного валу

Вихідні дані до розрахунку:

швидкість тамбурного валу V , м/с (м/хв) 20,9 (1254);

сила тяжіння тамбурного валу G_T , Н 19620;

натягіння паперу S , кН/м 0,9.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Навантаження на підшипники валу:

$$G = G_P + G_T = 63570 + 19807 = 83190 \text{ Н.}$$

Інтенсивність навантаження:

$$q_B = \frac{G}{B} = \frac{83190}{4,2} = 19807 \text{ Н/м,}$$

де $B = 4,2$ м– ширина паперового полотна.

Навантаження від зусилля притискання вала:

$$q_P = \frac{P}{B} = \frac{8800}{4,2} = 2095 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Сумарне навантаження, розподілена по всій довжині тамбурного вала:

$$q = \sqrt{q_b^2 + q_p^2} = \sqrt{19807^2 + 2095^2} = 19917 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Реакції опор підшипників:

$$R_A = R_B = \frac{G_S}{2} = \frac{qB}{2} = \frac{19917 \cdot 4,2}{2} = 41827 \text{ Н},$$

де B – ширина паперового полотна, м;

G_S – сила тяжіння на підшипники вала, Н.

Висновок: за наведеними розрахунками визначили сумарне зусилля на тамбурний вал, яке становить 19917 Н/м.

5.4.2 Розрахунок на міцність труби і цапф тамбурного валу

Метою розрахунку: визначення міцності труби і цапф тамбурного валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.4.

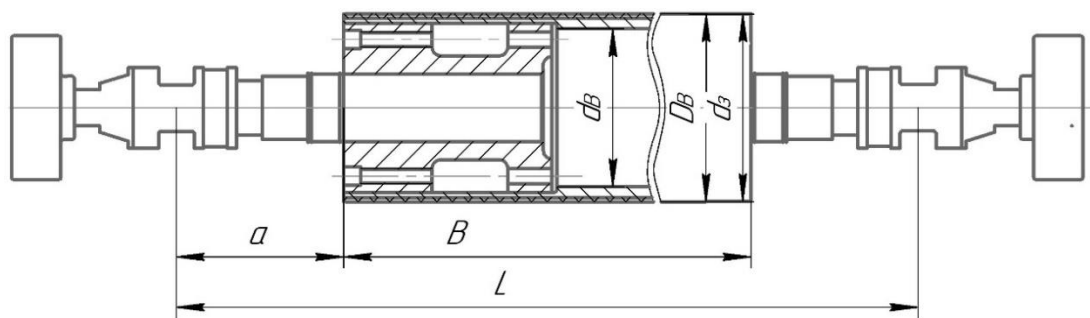


Рисунок 5.4 – Схема тамбурного валу

Вихідні дані до розрахунку:

швидкість машини V , м/с (м/хв) 20,9 (1254);

вага вала G , Н 21974;

натяжіння паперу S , кН/м 0,9.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Сумарне навантаження, що діє на тамбурний вал:

$$F = \sqrt{(G_p + G_T)^2 + P^2} = \sqrt{(63570 + 19917)^2 + 8800^2} = 83650 \text{ Н}.$$

де $G_T = 63570$ Н; – сила тяжіння вала;

$G_p = 19917 \text{ Н}$; – сила тяжіння рулону;

$P = 8800 \text{ Н}$ – сила притискання рулону до циліндра.

Максимальний згинальний момент від сумарного навантаження, що діє на тамбурний вал:

$$M_{max} = F \cdot \left(\frac{L}{4} - \frac{B}{8} \right) = (83650) \cdot \left(\frac{5}{4} - \frac{4,25}{8} \right) = 60120 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Момент інерції поперечного перетину валу:

$$I_B = \frac{\pi}{64} (d_3^4 - d_B^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,420^4 - 0,350^4) = 7,904 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де $d_3 = 0,42 \text{ м}$ – зовнішній діаметр труби валу;

$d_B = 0,35 \text{ м}$ – внутрішній діаметр труби валу.

Момент інерції поперечного перетину рулону:

$$I_{\Pi} = \frac{\pi}{64} (D_3^4 - D_B^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (2^4 - 0,420^4) = 7835 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де $D_3 = 2 \text{ м}$ – зовнішній діаметр рулону;

$D_B = 0,42 \text{ м}$ – внутрішній діаметр рулону.

Напруження прогину тамбурного вала:

$$\sigma_B = \frac{M_{max} \cdot E_B \cdot d_B}{2 \cdot (E_B I_B + E_n I_n)} = \frac{60120 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 0,42}{2 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} \cdot 7,904 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 7835 \cdot 10^{-4})} = 4,593 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

де $E_B = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; – модуль пружності вала;

$E_{\Pi} = 1000 \cdot 10^6 \text{ Па}$. – модуль пружності паперу.

Напруження прогину рулону:

$$\sigma_p = \frac{M_{max} \cdot E_n \cdot D_n}{2 \cdot (E_B I_B + E_n I_n)} = \frac{60120 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 2}{2 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} \cdot 7,904 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 7835 \cdot 10^{-4})} = 21,87 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

де $E_B = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; – модуль пружності вала;

$E_{\Pi} = 1000 \cdot 10^6 \text{ Па}$. – модуль пружності паперу.

Момент інерції поперечного перетину цапфи:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{ц}} = \frac{\pi d_{\text{ц}}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,150^4}{64} = 0,248 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4,$$

де $d_{\text{ц}} = 0.15 \text{ м}$ – діаметр цапфи в небезпечному перерізі.

Довжина цапфи від центру підшипників до робочої частини вала:

$$a = \frac{l - B}{2} = \frac{5 - 4,2}{2} = 0,4 \text{ м},$$

де $l = 5 \text{ м}$ – ширина між центрами внутрішніх підшипників.

Критична величина прогину тамбурного вала з рулоном:

$$\begin{aligned} f_{\text{СТ}} &= \frac{G_T + G_P}{384 \cdot (E_B I_B + E_n I_n)} \left[B^3 - 4 \cdot B^2 \cdot l + 8 \cdot l^3 + 64 \cdot a^3 \left(\frac{E_B I_B + E_n I_n}{E_{\text{ц}} I_{\text{ц}}} \right) \right] = \\ &= \frac{63570 + 19620}{384 \cdot (2,0 \cdot 10^{11} 7.904 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 7835 \cdot 10^{-4})} \\ &\times \left[4,25^3 - 4 \cdot 4,25^2 \cdot 5 + 8 \cdot 5^3 + 64 \times \right. \\ &\times \left. 0,4^3 \left(\frac{2,0 \cdot 10^{11} 7.904 \cdot 10^{-4} + 1000 \cdot 10^6 \cdot 7835 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,248 \cdot 10^{-4}} \right) \right] = \\ &= 3,46 \cdot 10^{-4} \text{ м}, \end{aligned}$$

де $E_{\text{ц}} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль пружності цапфи.

Висновок: за наведеним розрахунком визначено, що виконується умова міцності для труби тамбурного валу, кутова швидкість.

5.4.3 Розрахунок на жорсткість валу і критичне число обертів

Метою розрахунку: перевірити жорсткість валу і критичне число обертів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.

Вихідні дані:

модуль пружності матеріалу труби E , Па $2 \cdot 10^{11}$;
швидкість машини V , м/с (м/хв) $20,9$ (1254).

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [3].

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прогин валу під дією власної сили тяжіння:

$$f = \frac{5qA^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 19917 \cdot 5^4}{384 \cdot 2,0 \cdot 10^{11} \cdot 7.904 \cdot 10^{-4}} = 1,025 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де $A = 5 \text{ м}$ – відстань між внутрішніми підшипниками;

$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – модуль пружності робочої частини циліндру [9];

$q = 19917 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$; – сумарне навантаження на вал;

$I = 7.904 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$. – момент інерції валу.

Відносний прогин валу:

$$\zeta = \frac{f}{A} = \frac{1,025 \cdot 10^{-3}}{5} = 2,05 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\zeta < [\zeta],$$

$$2,05 \cdot 10^{-4} \text{ м} < 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

де $[\zeta] = 3,3 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ - допустиме значення жорсткості валу.

Умова жорсткості виконується.

Критична швидкість тамбурного вала із рулоном:

$$\omega_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}} = \sqrt{\frac{9,81}{3,46 \cdot 10^{-4}}} = 168,4 \text{ с}^{-1},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. – прискорення вільного падіння.

Кутова швидкість обертання рулону:

$$\omega = \frac{2V}{d_{\text{в}}} = \frac{2 \cdot 20,9}{0,42} = 99,5 \text{ с}^{-1}.$$

Перивіримо робочу швидкість:

$$\omega_{\text{кр}} > \omega.$$

$$168,4 \text{ с}^{-1} > 99,5 \text{ с}^{-1}.$$

Робоча частота обертання валу:

$$n_{\text{кр}} = \frac{30\omega}{\pi}.$$

Звідси критична частота обертання валу:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{кр} = \frac{30\sqrt{g}}{\pi\sqrt{f}} = \frac{30}{\sqrt{f}} = \frac{30}{\sqrt{1,013 \cdot 10^{-4}}} = 2981 \text{ с}^{-1}.$$

Робоча частота обертання валу:

$$n_p = \frac{V}{\pi D} = \frac{20,9}{3,14 \cdot 0,420} = 15,8 \text{ с}^{-1},$$

де $D = 0,42 \text{ м}$ – діаметр тамбурного валу.

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної:

$$K = \frac{n_p}{n_{кр}} = \frac{15,8}{2981} = 0,0053.$$

Перевіримо умову виникнення резонансу:

$$K < [K],$$

$$0,0053 < 0,6,$$

де $[K] = 0,6$ – коефіцієнт при якому відсутнє явище резонансу.

Умова відсутності явища резонансу.

Висновок: за наведеним розрахунком перевірили вал на жорсткість і визначили критичне число обертів валу.

5.4.4 Розрахунок підшипників тамбурного валу

Метою розрахунку: визначення довговічності підшипників тамбурного валу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.5.

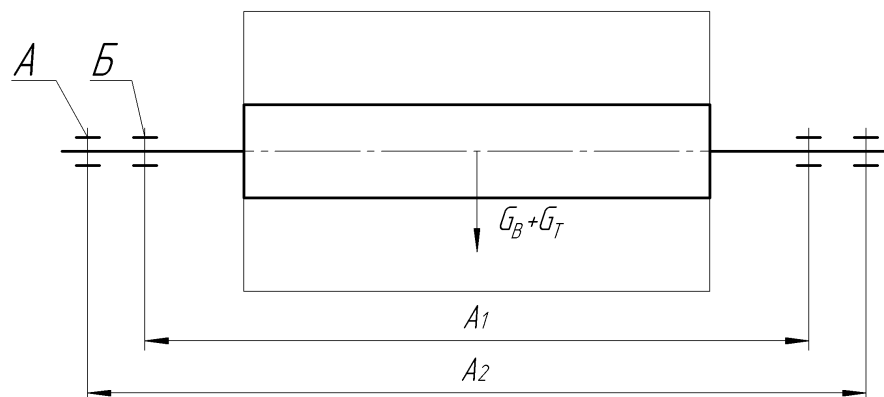


Рисунок 5.5 – Схема розташування підшипників тамбурного валу

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані до розрахунку:

навантаження на підшипниковий вузол R_A , Н 41827;
швидкість машини V , м/с (м/хв) 20,9 (1254).

Опора А – підшипник 3530 [14];

Опора Б – підшипник 3003732 [14].

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [13].

Критерієм для вибору підшипника є нерівність:

$$C_H \leq C_{\text{кат}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{кат}}$ – табличне значення динамічного навантаження підшипника за каталогом.

Потрібна довговічність підшипника зв'язана із часом його служби, млн.об:

$$L = 10^{-6} \cdot 3600 \cdot n \cdot L_h, \quad (5.2)$$

де $[L_h] = 80000 \div 100000$ год – рекомендоване значення розрахункової довговічності підшипника для обладнання папероробних фабрик [14].

Розраховуємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження роликового підшипника. Оскільки підшипник роликовий радіальний має чисто радіальне навантаження, то:

$$P_r = \frac{R_A}{2} \cdot K_K \cdot K_T \cdot K_\sigma = \frac{41827}{2} \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 41409 \text{ Н},$$

де $R_A = 41827$ Н – радіальне навантаження на підшипник;

$K_K = 1$ – коефіцієнт обертання (кінематичний коефіцієнт);

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт;

$K_\sigma = 1,8$ – коефіцієнт безпеки (коефіцієнт динамічності).

Кількість обертів підшипника:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20,9}{3,14 \cdot 0,42} = 15,8 \text{ с}^{-1}.$$

Необхідна величина динамічного навантаження підшипника:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_H = P_r \cdot L^{3/10} = P_r \cdot \left(\frac{3600 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \right)^{3/10} = 41409 \cdot \left(\frac{3600 \cdot 15,8 \cdot 10^5}{10^6} \right)^{3/10} \\ = 55410 \text{ Н.}$$

Опора А

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-сферичний двохрядний підшипник 1219 [12] із динамічною вантажопідйомністю $C = 64 \text{ кН}$.

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^{10/3} = \left(\frac{64000}{41409} \right)^{10/3} = 9199,95 \text{ млн. об.}, \\ L_h = \frac{10^6 \cdot L}{n} = \frac{10^6 \cdot 9199,95}{15,8} = 0,58 \cdot 10^9 \text{ с} \approx 161111 \text{ год.}$$

Перевіримо умову довговічності підшипника:

$$[L_h] \leq L_h \\ (80000 \div 100000) \text{ год} \leq 161111 \text{ год.}$$

Умова довговічності виконується, отже підшипник № 1219 придатний для використання.

Опора Б

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-сферичний двохрядний підшипник 1220 [12] із динамічною вантажопідйомністю $C = 69,5 \text{ кН}$.

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^{10/3} = \left(\frac{69500}{41409} \right)^{10/3} = 12110 \text{ млн. об.}, \\ L_h = \frac{10^6 \cdot L}{n} = \frac{10^6 \cdot 12110}{15,8} = 0,77 \cdot 10^9 \text{ с} \approx 213888 \text{ год.}$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіримо умову довговічності підшипника:

$$[L_h] \leq L_h$$

$$(80000 \div 100000) \text{ год} \leq 213888 \text{ год.}$$

Умова довговічності виконується, отже підшипник № 1220 придатний для використання.

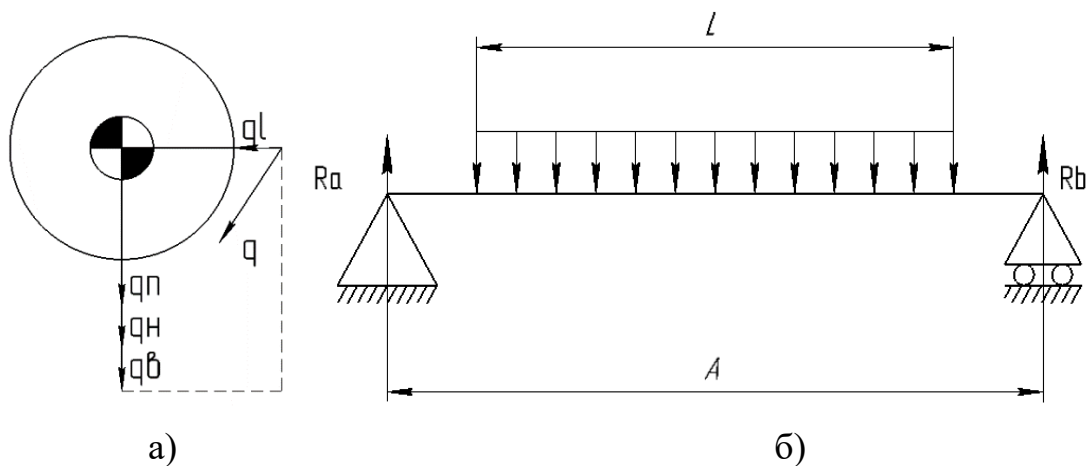
Висновок: за наведеними розрахунками вибрано підшипник № 1219 з внутрішнім діаметром $d = 95$ мм та зовнішнім діаметром $D = 170$ мм, маса якого $m = 3,1$ кг, працюватиме підшипник 161111 год. Та другий підшипник № 1220 з внутрішнім діаметром $d = 100$ мм та зовнішнім діаметром $D = 180$ мм, маса підшипника $m = 3,7$ кг, який працюватиме 213888 год.

5.5 Розрахунок елементів циліндра

5.5.1 Силкові фактори

Метою розрахунку є визначення навантаження та реакції опор, які діють на циліндр.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.



а – в поперечному перерізі; б – в повздовжньому перерізі.

Рисунок 5.6 – Схема навантаження на циліндр накату

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Навантаження від маси циліндра:

$$q_{\text{ц}} = \frac{M_{\text{цл}} \cdot g}{L} = \frac{3700 \cdot 9,81}{4,5} = 8066 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де L – довжина циліндра, $L = 4,5$ м.

Навантаження від натягу полотна:

$$q_{\text{п}} = 2q_{\text{н}} = 2 \cdot 400 = 800 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Навантаження від маси води:

$$q_{\text{в}} = 0,5 \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2 \gamma = 0,5 \frac{3,14}{4} (1,1 - 2 \cdot 0,025)^2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 4247,25 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

де $\gamma = 9,81 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$ – питома сила тяжіння води;

D – зовнішній діаметр циліндра, $D = 1,1$ м;

δ – товщина стінки циліндра, $\delta = 0,025$ м.

Сумарне навантаження, розподілене по всій довжині циліндра:

$$q = \sqrt{(q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_{\text{в}})^2 + q_{\text{л}}^2} = \sqrt{(8066 + 800 + 4247)^2 + 4000^2} = 13709 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Реакції опорів в підшипниках:

$$R_A = R_B = \frac{q \cdot L}{2} = \frac{13709 \cdot 4,5}{2} = 29133 \text{ Н}.$$

Висновок: за наведеними розрахунками визначено, що реакція опор – 29133 Н, інтенсивність навантаження на циліндр – 13709 Н/м.

5.5.2 Розрахунок кришки циліндра

Метою розрахунку є перевірка кришки циліндра за умовою міцності.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

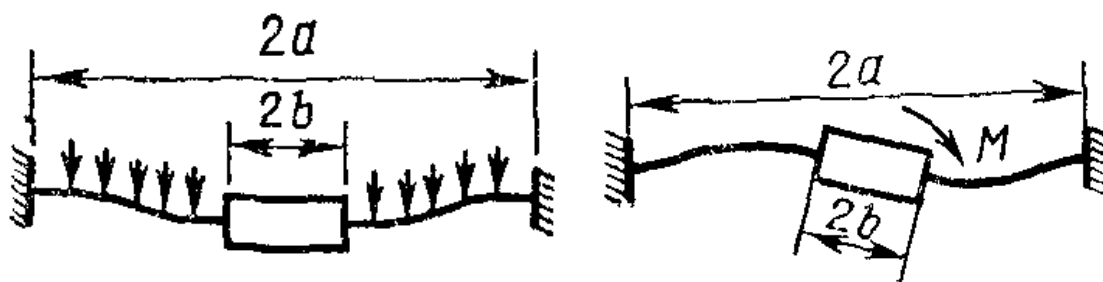


Рисунок 5.7 – Схема кришки циліндра

Вихідні дані:

тиск води P , МПа	0,6;
радіус кришки по колу болтів a , м	0,5;
радіус кришки в місці переходу цапфи в таріль b , м	0,14;
товщина кришки δ_1 , м	0,03.
Сумарне навантаження q , Н/м	13709

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі в [2].

Найбільша напруження в кришці від тиску води в циліндрі:

$$\sigma_P = \frac{3P}{4\delta_1} \left[(a^2 + b^2) - \frac{4a^2b^2}{a^2 + b^2} \ln\left(\frac{a}{b}\right) \right] =$$

$$= \frac{3 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,03} \cdot \left[(0,5^2 + 0,140^2) - \frac{4 \cdot 0,5^2 \cdot 0,140^2}{0,5^2 + 0,140^2} \ln\left(\frac{0,5}{0,140}\right) \right] =$$

$$= 2,65 \text{ МПа.}$$

Величина обернена коефіцієнту Пуассона.

$$m = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,25} = 4,$$

де $\mu = 0,25$ – коефіцієнт Пуассона [11].

Згинальний момент:

$$M = R \cdot L_2 = \frac{q \cdot B}{2} L_2 = \frac{13710 \cdot 4,25}{2} 0,45 = 13110 \text{ Н·м,}$$

$$k = \frac{0,1 \cdot a^2}{(b + 0,18 \cdot a)^2} = \frac{0,1 \cdot 0,5^2}{(0,14 + 0,18 \cdot 0,5)^2} = 0,473,$$

де $L_2 = 0,45$ м – відстань від підшипника до кришки циліндра (Рис. 5.8)

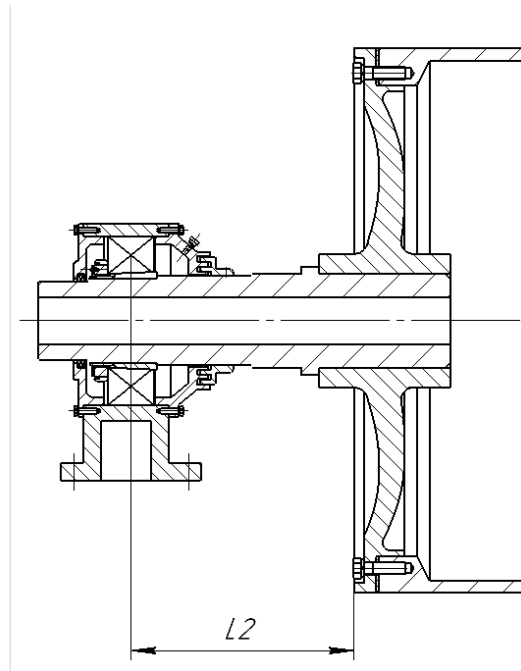


Рисунок 5.8 - відстань від підшипника до кришки циліндра

Найбільше напруження в кришці від згинального моменту:

$$\sigma_M = \frac{3M}{4\pi \cdot \delta_1^2 b} \left[1 + \frac{m+1}{m} \ln \frac{2(0,45 \cdot a - b)}{0,45 \cdot k \cdot a} \right]$$

$$= \frac{3 \cdot 13110}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,03^2 \cdot 0,140} \cdot \left[1 + \frac{4+1}{4} \ln \frac{2(0,45 \cdot 0,5 - 0,140)}{0,45 \cdot 0,473 \cdot 0,5} \right] =$$

$$= 39,41 \text{ МПа.}$$

Найбільше сумарне осьове напруження в кришці:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_M = 2,65 + 39,41 = 42,06 \text{ МПа.}$$

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{350 \cdot 10^6}{42,06 \cdot 10^6} = 8,32,$$

де σ_B - границя міцності для чавуну СЧ35 [σ_B] = 350 МПа [11].

Перевірка умови міцності:

$$n > [n]$$

$$8,32 > 7.$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $[n] = 7$ – допустимий коефіцієнт для циліндрів з обрізною шириною до 4,2 м [11].

Умова міцності виконується.

Висновок: кришка циліндра зроблена із СЧ35. За наведеними розрахунками отримали, що умова міцності виконується.

5.5.3 Розрахунок на міцність оболонки та цапф циліндру накату

Метою розрахунку є перевірка оболонки і цапф циліндра накату на міцність.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.

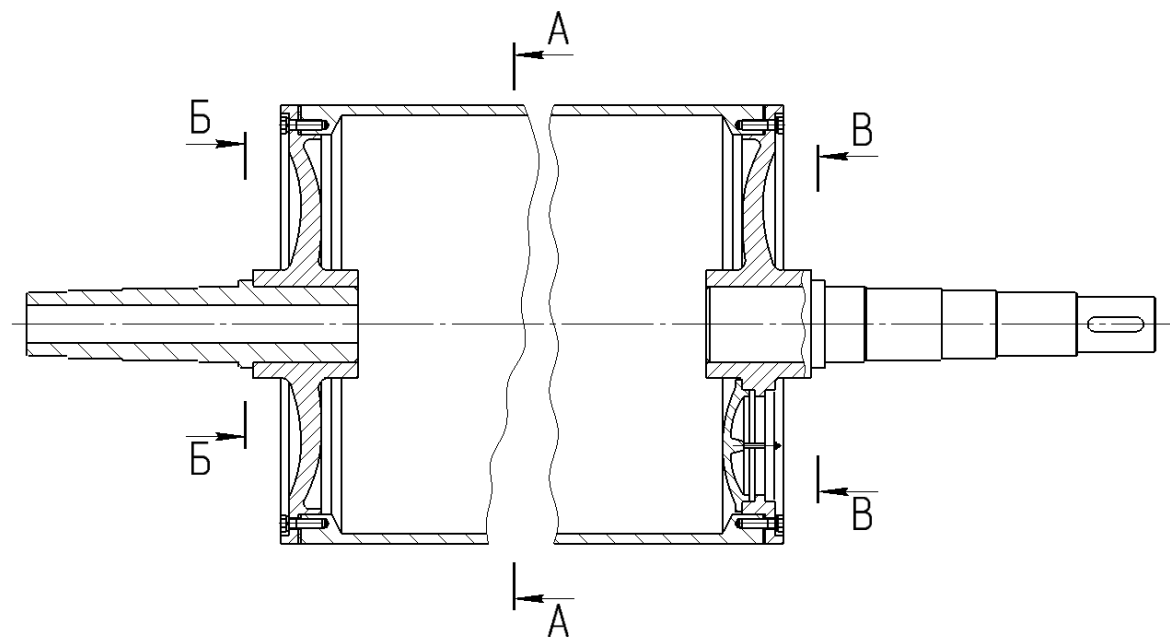


Рисунок 5.9 – Схема перерізів циліндра накату.

Вихідні дані:

сумарне навантаження q , Н/м	13709;
зовнішній діаметр цапфи d_2 , м	0,19
внутрішній діаметр цапфи $d_{2в}$, м	0,95

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Момент інерції оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_1^4) = \frac{3,14}{64} (1,1^4 - 1,05^4) = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4,$$

де $D = 1,1$ м – зовнішній діаметр циліндра;

$D_1 = 1,05$ м – внутрішній діаметр циліндра.

Згинальний момент оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$M_{u1} = \frac{q \cdot A^2}{4} = \frac{13709 \cdot 5,4^2}{4} = 99944 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $A = 5,4$ м – відстань між підшипниками.

Момент опору оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D} = \frac{2 \cdot 1,22 \cdot 10^{-2}}{1,1} = 2,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Напруження при згинанні оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$\sigma_{u1} = \frac{M_{u1}}{W_1} = \frac{99944}{2,22 \cdot 10^{-2}} = 4,5 \text{ МПа}.$$

Границя витривалості матеріала оболонки при симетричному циклі згинання:

$$(\sigma_{-1})_T = 150 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{-1} = 150$ МПа – границя витривалості матеріалу СЧ 35 при згині [5].

Запас міцності оболонки циліндра в перерізі А-А:

$$n_1 = \frac{(\sigma_{-1})_T \varepsilon_1}{\sigma_{u1}} = \frac{150 \cdot 10^6 \cdot 0,62}{4,5 \cdot 10^6} = 20,64$$

де $\varepsilon_1 = 0,62$ – масштабний фактор для оболонки.

Перевіримо умову міцності:

$$n_1 > [n],$$

$$20,64 > 1,8 \div 2,5$$

де $[n] = 1,8 \div 2,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності виконується.

Згинальний момент цапфи циліндра в перерізі Б-Б та В-В:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{u2} = \frac{q \cdot B(A - B)}{2} = \frac{13709 \cdot 0,38(5,4 - 0,38)}{2} = 13,076 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $B = 0,38 \text{ м}$ – відстань від підшипника до перерізу Б-Б.

Для пустотілої цапфи [2]:

момент опору цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

$$W_2 = \frac{\pi (d_2^4 - d_{2B}^4)}{32 d_3} = \frac{3,14 (0,19^4 - 0,095^4)}{32 \cdot 0,19} = 6,313 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

напруження при згинанні цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

$$\sigma_{u2} = \frac{M_{u2}}{W_2} = \frac{13,076 \cdot 10^3}{6,313 \cdot 10^{-4}} = 20,7 \text{ МПа},$$

Для суцільної цапфи:

момент опору цапфи циліндра в перерізі В-В:

$$W_3 = 0,1 d_2^3 = 0,1 \cdot 0,19^3 = 6,859 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

напруження при згинанні цапфи циліндра в перерізі В-В:

$$\sigma_{u3} = \frac{M_{u2}}{W_3} = \frac{13,076 \cdot 10^3}{6,859 \cdot 10^{-4}} = 19,06 \text{ МПа},$$

Границя витривалості матеріала цапф при симетричному циклі згинання:

$$(\sigma_{-1})_{\text{ц}} = 280 \cdot 10^6 \text{ Па} = 280 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{-1} = 280 \text{ МПа}$ – границя витривалості матеріалу Ст 40 при згині [11].

Запас міцності цапфи циліндра в перерізі Б-Б:

для суцільної цапфи:

$$n_3 = \frac{(\sigma_{-1})_{\text{ц}} \varepsilon_2}{\sigma_{u3} k_{\sigma 2}} = \frac{280 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{19,06 \cdot 10^6 \cdot 3,36} = 2,97$$

Запас міцності цапфи циліндра в перерізі В-В:

для пустотілої цапфи:

$$n_2 = \frac{(\sigma_{-1})_{\text{ц}} \varepsilon_2}{\sigma_{u2} k_{\sigma 2}} = \frac{280 \cdot 10^6 \cdot 0,68}{20,7 \cdot 10^6 \cdot 3,36} = 2,76$$

де $\varepsilon_2 = 0,68$ – масштабний фактор для цапфи в перерізі Б-Б та В-В;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_{\sigma 2} = 3,36$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень від запресовування в перерізі Б-Б та В-В.

Перевіримо умову міцності для пустотілої цапфи:

$$n_2 > [n],$$

$$2,76 > (1,8 \div 2,5),$$

де $[n] = 1,8 \div 2,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності виконується.

Перевіримо умову міцності для суцільної цапфи:

$$n_2 > [n],$$

$$2,97 > (1,8 \div 2,5),$$

де $[n] = 1,8 \div 2,5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Умова міцності виконується.

Висновок: згідно результатів розрахунку встановлено, що умови міцності оболонки, суцільної й пустотілої цапф виконуються.

5.5.4 Розрахунок циліндра накату на жорсткість і критичне число обертів

Мета розрахунку: перевірка циліндра накату за умовами жорсткості та відсутності резонансу.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

Вихідні дані:

модуль пружності матеріалу оболонки (СЧ 35) E , Па [5]	$1,45 \cdot 10^{11}$;
швидкість накату V , м/с	20,9
ширина полотна B , м	4,25
довжина циліндра накату L , м	4,5
відстань між підшипниками A , м	5,4
сумарне навантаження на вал q , Н/м	13709

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2].

Максимальний прогин робочої частини валу [1]:

$$f_p = \frac{q \cdot B^3}{384 \cdot E \cdot I} (12 \cdot A - 7 \cdot L) = \frac{13709 \cdot 4,2^3}{384 \cdot 1,45 \cdot 10^{11} \cdot 1,22 \cdot 10^{-2}} (12 \cdot 5,4 - 7 \cdot 4,5) \\ = 54,29 \cdot 10^{-6} \text{ м,}$$

Прогин вала:

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot A^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 13709 \cdot 5,4^4}{384 \cdot 1,45 \cdot 10^{11} \cdot 1,22 \cdot 10^{-2}} = 8,579 \cdot 10^{-5} \text{ м,}$$

де $I = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ – момент інерції в перерізі А-А циліндра.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.9.

Відносний прогин валу:

$$\zeta = \frac{f}{A} = \frac{8,579 \cdot 10^{-5}}{5,4} = 1,589 \cdot 10^{-5}.$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\zeta < [\zeta],$$

$$0,1589 \cdot 10^{-4} < (3,3 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4})$$

де $[\zeta] = 3,3 \cdot 10^{-4} \div 2,5 \cdot 10^{-4}$ – допустиме значення жорсткості валу.

Умова жорсткості виконується.

Критична кутова швидкість обертання циліндра накату:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{f}} = \sqrt{\frac{9,81}{8,579 \cdot 10^{-5}}} = 338 \text{ с}^{-1}.$$

Робоча кутова швидкість обертання циліндра накату:

$$\omega_p = \frac{2V}{D} = \frac{2 \cdot 20,9}{1,1} = 38, \text{ с}^{-1},$$

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної:

$$K = \frac{\omega_p}{\omega_{кр}} = \frac{38}{338} = 0,11.$$

Перевіримо на явище резонансу:

$$K < [K]$$

$$0,11 < 0,6,$$

де $[K] = 0,6$ – коефіцієнт при якому відсутнє явище резонансу.

Умова відсутності явища резонансу виконується.

Висновок: за наведеним розрахунком визначено, що умова жорсткості виконується, а також відсутнє явище резонансу.

5.5.5 Розрахунок болтів кріплення кришок

Метою розрахунку є перевірка міцності та надійності болтового з'єднання

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10.

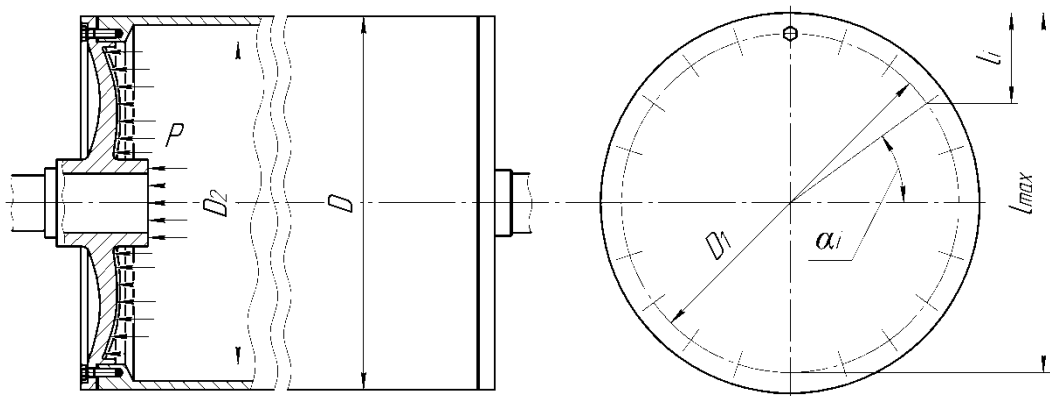


Рисунок 5.10 – Схема навантаження болтів кріплення кришок

Вихідні дані:

тиск води P , МПа	0,6;
діаметр болта d_6 , м	0,02;
кількість болтів z , шт.	20;
зовнішній діаметр циліндра D , м	1,1;
діаметр по колу болтів D_1 , м	1.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [2]

Площа поперечного перерізу болта:

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 3,142 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

де $d_6 = 0,02$ м – діаметр болта по внутрішньому діаметру різьби.

Максимальна відстань від осі болтів до верхньої кромки циліндра:

$$l_{max} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{max}) = \frac{1}{2}(1,1 - 1 \cdot \sin(270^\circ)) = 1,05 \text{ м},$$

де $\alpha_{max} = 270^\circ$.

Інші значення l_i показані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – твідстані від осі до верхньої кромки циліндра.

№	$\alpha, ^\circ$	$L, \text{ м}$
1	2	3
1	0 (360)	0,55
2	18	0,39
3	36	0,26
4	54	0,15
5	72	0,07
6	90	0,05
7	108	0,07
8	126	0,15
9	144	0,26
10	162	0,4
11	180	0,55
12	198	0,7
13	216	0,84
14	234	0,95
15	252	1,03
16	270	1,05
17	288	1,03
18	306	0,95
19	324	0,84
20	342	0,7

Зусилля натягу найбільш навантаженого болта від моменту M_1 :

$$Q_M = \frac{M_1 l}{\sum l_i^2} = \frac{13110 \cdot 1,05}{8,55} = 1609 \text{ Н},$$

де $\sum l_i^2 = 8,55 \text{ м}$ – сума квадратів відстаней (рис.5.10) згідно таблиці 5.1.

Зусилля натягу болта від тиску P :

$$Q_P = \frac{\pi D_2^2 P}{4z} = \frac{3,14 \cdot 0,95^2 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{4 \cdot 20} = 21265 \text{ Н},$$

де $D_2 = 0,95 \text{ м}$ – посадочний розмір у оболонці під кришку.

Сумарне зусилля натягу, що діє на найбільш навантажений болт:

$$Q = Q_M + Q_P = 1610 + 21264,66 = 22875 \text{ Н}.$$

Амплітуда перемінних напружень:

$$\sigma_a = \frac{\chi Q_M}{2F_6} = \frac{0,3 \cdot 1610}{2 \cdot 3,142 \cdot 10^{-4}} = 0,768 \text{ МПа},$$

де $\chi = 0,3$ – коефіцієнт основного навантаження [6].

Найбільше напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{k_{\text{ст}}(1 - \chi)Q}{F_6} \cdot 1,3 + \frac{\chi \cdot Q_M}{F_6} = \frac{3(1 - 0,3) \cdot 22875}{3,142 \cdot 10^{-4}} \cdot 1,3 + \frac{0,3 \cdot 1610}{3,142 \cdot 10^{-4}} \\ &= 200,31 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

де $k_{\text{ст}} = 2,5 \div 4$ – коефіцієнт запасу проти розкриття стику [11].

Границя витривалості болта:

$$\sigma_{-1k} = \frac{\sigma_{-1}}{k_\sigma} = \frac{220}{2,8} = 78,57 \text{ МПа},$$

де k_σ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень [11].

Запас міцності по амплітуді:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1k}}{\sigma_a} = \frac{78,57}{0,768} = 102,211.$$

Умова міцності по амплітуді:

$$n_a \geq [n_a]$$

$$102,211 \geq (2,5 \div 4).$$

Запас міцності за максимальними напруженнями:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{\max}} = \frac{360}{200,31} = 1,797$$

Максимальне дотичне зусилля матеріалу болта Ст 45, $\sigma_{\tau} = 360$ МПа

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

$$1,797 \geq (1,25 \div 2,5).$$

Висновок: кріплення кришок до циліндра накату, виконане болтами М24, так як вони мають достатній запас міцності та надійності [11].

5.5.6 Розрахунок і вибір підшипників циліндра накату

Метою розрахунку є вибір та визначення довговічності підшипників циліндра накату.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.6.

Вихідні дані:

навантаження на підшипник R_A , Н 29133;

швидкість машини V , м/с (м/хв) 20,9 (1254).

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [6].

Розраховуємо еквівалентне динамічне радіальне навантаження роликового підшипника. Оскільки підшипник роликовий радіальний має чисто радіальне навантаження, то:

$$P_r = R_A K_K K_T K_{\sigma} = 29133 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,8 = 57683,77 \text{ Н},$$

де $R_A = 29133$ Н – радіальне навантаження на підшипник;

$K_K = 1$ – коефіцієнт обертання (кінематичний коефіцієнт) [11];

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт [11];

$K_{\sigma} = 1,8$ – коефіцієнт безпеки (коефіцієнт динамічності) [11].

Кількість обертів підшипника:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20,9}{3,14 \cdot 0,42} = 15,8 \text{ с}^{-1}.$$

Критерієм для вибору підшипника є нерівність:

$$C_H \leq C_{\text{кат}}, \quad (5.3)$$

де $C_{\text{кат}}$ – табличне значення динамічного навантаження підшипника за каталогом;

Необхідна величина динамічного навантаження підшипника:

$$C_H = P_r L^{3/10} = P_r \left(\frac{3600 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \right)^{3/10} = 57683,77 \left(\frac{3600 \cdot 6,05 \cdot 10^5}{10^6} \right)^{3/10} = 541184 \text{ Н}.$$

Потрібна довговічність підшипника зв'язана із часом його служби, млн.об.:

$$L = 10^{-6} \cdot 3600 \cdot n \cdot L_h,$$

де $L_h = (80000 \div 100000)$ год – рекомендоване значення розрахункової довговічності підшипника для обладнання папероробних фабрик [8,9].

Виходячи із конструктивних міркувань вибираємо роликовий радіально-сферичний двошрядний підшипник 13634 [6] із динамічною вантажопідйомністю $C = 570 \text{ кН}$.

Знаходимо фактичну довговічність вибраних підшипників:

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{570000}{57684} \right)^{\frac{10}{3}} = 2070 \text{ млн.об.},$$

$$L_h = \frac{10^6 L}{n} = \frac{10^6 \cdot 2070}{3600 \cdot 6,05} \approx 95040 \text{ год}.$$

Перевіримо умову довговічності підшипника:

$$[L_h] \leq L_h$$

$$80000 \text{ год} \leq 95040 \text{ год},$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 80000 є ($80000 \div 100000$).

Умова довговічності виконується, отже підшипник № 13634 придатний для використання.

Висновок: за наведеними розрахунками вибрано підшипники 13634, які працюватимуть 95040 год.

5.6 Розрахунок витрат оборотної води та поверхні теплообміну для охолодження паперу

Мета розрахунку: визначити витрату води, яка забезпечує охолодження паперового полотна до необхідної температури та перевірити необхідну площу теплообміну.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.11.

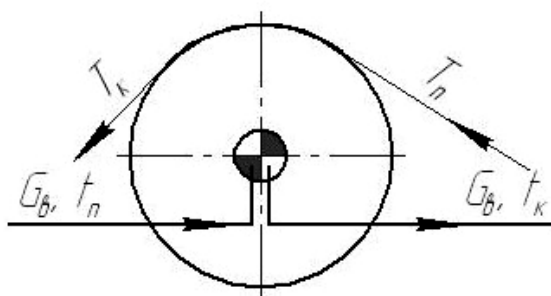


Рисунок 5.11 — Розрахункова схема

Вихідні дані:

матеріал валу	Чавун СЧ35;
діаметр тамбурного валу d_T , м	0,42;
діаметр намотуваного рулону D_P , м	2;
тип полотна	папір;
маса 1 м^2 паперу g , г	30;
товщина паперу δ , м	0,000109;
швидкість машини V , м/с	20,9;

обрізна ширина паперу B , м	4,2;
сухість полотна паперу кінцева S_k , %	94;
сухість полотна паперу початкова S_n , %	95;
початкова температура води $t_{в.п}$, °C	20;
кінцева температура води $t_{в.к}$, °C	28;
початкова температура паперу $t_{п.п}$, °C	60;
кінцева температура паперу $t_{п.к}$, °C	45.

Розрахунок виконаний за методикою [3].

Час намотування основного рулону:

$$\tau = \frac{\pi(D_p^2 - d_T^2)}{4 \cdot \delta \cdot V} = \frac{3,14 \cdot (2^2 - 0,42^2)}{4 \cdot 0,000109 \cdot 20,9} = 1317 \text{ с} = 22 \text{ хв.}$$

Продуктивність машини по абсолютно сухому паперу вважаючи, що вологість паперу на накаті становить 10%:

$$G_{асп} = B \cdot V \cdot g \cdot S_k = 4,2 \cdot 20,9 \cdot 0,03 \cdot 0,94 = 2,48 \text{ кг/с}$$

Вологовміст паперу.

Початковий вологовміст паперу:

$$U_{п} = \frac{100 - S_{п}}{S_{п}} = \frac{100 - 95}{95} = 0,053 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Кінцевий вологовміст паперу:

$$U_{к} = \frac{100 - S_{к}}{S_{к}} = \frac{100 - 94}{94} = 0,064 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Кількість тепла яка відводиться від паперу:

$$Q = \frac{G_{асп}}{\psi} [(C_{асп} + C_{в} \cdot U_{к})(t_{п.п} - t_{п.к}) + (U_{к} - U_{п})\bar{r}_0] = ,$$

$$= \frac{2,48}{0,9} [(1,34 + 4,176 \cdot 0,064)(60 - 45) + (0,064 - 0,053) \cdot 2363] = 125 \text{ кВт},$$

де ψ – коефіцієнт використання тепла, $\psi = 0,9$;

$\bar{r}_0 = 2363 \text{ кДж/кг}$ – питома теплота пароутворення при $t = 54 \text{ °C}$ [13];

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_{асп,} = 1,34 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – питома теплоємність абсолютно сухого волокна, [12];

$C_{в} = 4,17625 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – питома теплоємність води, [13];

$t_{п} = 60^{\circ}\text{C}$ – температура паперу до намоту;

$t_{к} = 45^{\circ}\text{C}$ – температура паперу після намоту,

Витрати охолоджуючої води:

$$G_{в} = \frac{Q}{C_{в} \cdot (t_{2к} - t_{2п})} = \frac{125}{4,176 \cdot (28 - 20)} = 6 \text{ кг/с},$$

$$G_v = \frac{G_{в}}{996,3} = \frac{3,3}{996,3} = 0,006 \text{ м}^3/\text{с},$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1400} + \frac{0,025}{45} + \frac{1}{700}} = 371 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})},$$

де $\lambda = 45 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; – коефіцієнт теплопровідності стінки циліндра;

$\delta = 0,025 \text{ м}$ – товщина стінки циліндра;

$\alpha_1 = 1400 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт тепловіддачі від паперу до поверхні циліндру [12];

$\alpha_2 = 700 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ коефіцієнти тепловіддачі від внутрішньої поверхні циліндру до води [13].

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.12.

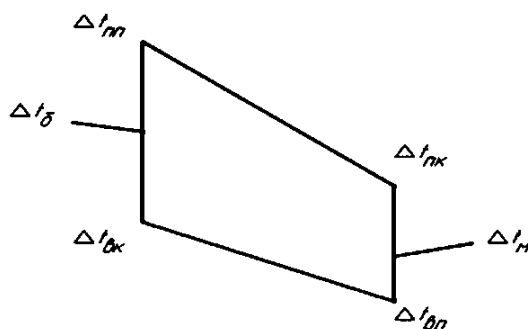


Рисунок 5.12 – Схема зміни температур теплоносіїв

Початкова різниця температур:

$$\Delta t_{\sigma} = t_{п.п} - t_{в.к} = 60 - 28 = 32^{\circ}\text{C},$$

Кінцева різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{п.к}} - t_{\text{в.п}} = 45 - 20 = 25^{\circ}\text{C},$$

Середня логарифмічна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{32 - 25}{\ln \frac{32}{25}} = 28,36^{\circ}\text{C},$$

Поверхня теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{125 \cdot 10^3}{371 \cdot 28,36} = 12 \text{ м}^2$$

Поверхня циліндра накату:

$$F_{\text{ц}} = \pi \cdot d \cdot B \cdot \psi = 3,14 \cdot 1,1 \cdot 4,2 \cdot 0,9 = 13 \text{ м}^2,$$

Перевіримо умову теплообміну:

$$F \leq F_{\text{ц}},$$

$$12 \text{ м}^2 \leq 13 \text{ м}^2.$$

Умова теплообміну виконується.

Висновок: за наведеним розрахунком було визначено витрати охолоджуючої води – $0,006 \text{ м}^3/\text{с}$, та поверхню теплообміну – 12 м^2 .

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу експлуатації накату

Завод-виробник виконує часткове чи повне контрольне складання обладнання, після чого воно розбивається на транспортні вузли в залежності від габаритів. Обладнання в межах допустимих габаритів повинне надходити в зібраному виді, що має полегшити його монтаж. Завод-виробник повинен гарантувати необхідну якість обладнання згідно з технічними умовами. Зокрема, редуктори повинні бути промиті після обкатки, зубчаті колеса, підшипники та інші деталі добре змащені після механічної обробки [14].

Деталі механізмів, які піддаються обертальним рухам, укладають в спеціальні опори – підшипники [14].

Вали, що сприймають навантаження, передають його на підшипники, а ті в свою чергу через масу опор тиснуть на підставу механізму, а потім на фундамент. В якості опор обертальних деталей використовують підшипники ковзання. Зборка простого нероз'ємного підшипника ковзання зводиться до запресовки втулки в корпус. Втулку запресовують, в залежності від розмірів та натягу, вручну або під пресом чи нагрівом корпусу.

При монтажі вали можуть бути розташовані горизонтально і вертикально. Найбільш відповідальною частиною вал є його цапфи, які мають оброблену поверхню. В процесі монтажу необхідно оберігати вали від ушкодження та корозії. З заводу-виробника вали поступають упаковані в ящики. Для захисту від корозії поверхні валів покриті шаром фарби чи лаку, або змазані густою змазкою і окутані пергаментним папером. На монтажній площадці вали очищають від покриття і перевіряють на відсутність корозії та дефектів.

Приступаючи до зборки вал підлягає перевірці на прямолінійність, співвісність (збіжність осей).

Монтаж накату відбувається по монтажно-встановлювальному кресленню відповідно з технічними умовами заводу-виробника. Накат установлюють і

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вивіряють по осям у поздовжньому і поперечному напрямку, попередньо по рискам на шинах, остаточно – після установки циліндра накату в проектне положення. Циліндр накату вивіряють разом зі станинами паралельно до нижнього валу каландра (або останнього циліндра сушильної частини), відносно поздовжньої і поперечної осей та на горизонтальність. Відхилення від паралельності допускають не більше $\pm 0,05$ мм, а від горизонтальності не більше 0,2 мм на всю довжину. Для вивіряння використовують нутромір і рівень 2 класу точності. Відхилення від паралельності осей станини між собою і відносно головної поздовжньої осі машини не більше 0,5 мм.

З лицевої сторони монтують систему водяного охолодження циліндра (водяну головку і сифон) для подачі та видалення з циліндра води.

Монтують шарнірні важелі із зубчатими секторами, призначені для кріплення тамбурного валу в робочому положенні, і механізм повороту важелів, що складаються із електродвигуна, редуктора і зубчатих передач. Шестерні, котрі установлені на приводному валу, заходять в зачеплення із зубчатими секторами важелів. Приводний вал закріплюють таким чином, щоб зазори між зубцями були однакові в зачепленнях шестерні валу з секторами, а зуби розміщувались один напроти одного.

На станини установлюють каретки із пневматичними механізмами притискання намотаного рулону до циліндра накату. Між колесами кареток і направляючими важелями регулюють зазори в межах 0,1 – 0,3 мм. Штоки пневмоциліндрів, котрі переміщують каретки, установлюють паралельно направляючим станини. Пневмоциліндри кріплять до станин, установлюють важелі і синхронізуючий вал. При зборці важелів і осей, що переміщують каретки з тамбурним валом, вал притискають щільно до циліндра накату. Положення пневматичних циліндрів регулюють за допомогою прокладок. Провіряють легкість переміщення кареток по направляючим. Установлюють шабер і пристрої для підводу повітря до пневмоциліндрів. В останню чергу

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збирають механізм розгону, призначений для розкручування тамбурного валу до робочої швидкості.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – це зведення чисельних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов’язкових стандартних зразків.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їх елементів. З урахування класифікації процесів, ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

При розробці накату папероробної машини обов’язкове використання уніфікованих вузлів та деталей.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації і уніфікації вузлів і деталей установки значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Даний периферичний накат для паперового полотна містить $N = 287$ деталей та виробів, з них стандартних (не враховуючи кріплення деталей і труб, зрізаних під прямим кутом) $n_c = 35$, уніфікованих $n_y = 158$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{35}{287} = 0,122;$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} = \frac{35 + 158}{287} = 0,767.$$

Висновок: так як коефіцієнт уніфікації K_y менше, ніж 0,9. Тому розроблений накат не можна виготовляти серійно на виробництвах обладнання для паперового комплексу.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Економічна частина

8.1 Обґрунтування доцільності модернізації установки

У сучасному суспільстві прогрес ніколи не стоїть на місці. Неможливо уявити галузь виробництва без впровадження нових технологій, осучаснених конструкцій, а також реконструкцій та будівництва нових цехів, дільниць тощо. На місці не залишилась і целюлозо-паперова промисловість, адже потрібно залишатись конкурентоспроможною на нинішньому ринку.

Як відомо всі зміни та вдосконалення потребують коштів, яких не вистачає в нашій країні через досить не просте становище. Тому для покращення ситуації, будь-яка модернізація повинна бути доцільною та обґрунтованою з економічної точки зору.

Темою дипломного проекту є модернізація накату папероробної машини, отже доцільним є техніко-економічне обґрунтування обраного устаткування в порівнянні з новим (аналогічним) устаткуванням.

При виконанні роботи було вибрано периферичний накат, який має високі експлуатаційні характеристики. Проте модернізація накату впливає на покращення характеристик паперового полотна, рівномірної щільності намотування в рулони та збільшення діаметру рулону. Розроблений периферичний накат відрізняється тим, що з кожної сторони накату розміщується пневмоциліндр або гідроциліндр. Його шток закріплений до рухомої стійки з рулоном, що намотується. Іншою стороною пневмоциліндр або гідроциліндр закріплений на платформі, що рухається в повздовжньо-поступальному русі по направляючій. Сама платформа закріплена нерухомо до станини накату. А до рухомої платформи закріплений шток іншого пневмоциліндра або гідроциліндра, а сам цей пневмоциліндр чи гідроциліндр закріплений до станини накату.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збільшення діаметру рулону, в свою чергу, зменшить кількість допоміжних операцій, наприклад транспортування. А заміна тамбурних валів відбуватиметься через більший проміжок часу.

Основні техніко-економічні показники модернізованого та базового обладнання показано в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Техніко-економічні показники накату

№	Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування до модернізації	Устаткування після модернізації
1	2	3	4	5
1	Час намотування одного рулону	с	1317	2641
2	Максимальний діаметр рулону	м	2	2,8
3	Маса рулону	кг	3266	6550
4	Швидкість	м/с	20,9	20,9
5	Потужність	кВт	120	120
6	Сухість паперу на накаті	%	94	94
7	Діаметр циліндра накату	м	1,1	1,1
8	Діаметр тамбурного валу	м	0,42	0,42
9	Вартість обладнання	тис. грн.	470	436
10	Тривалість ремонтного циклу	років	4	4,5

8.2 Розрахунок ефективності на проведення модернізації устаткування

З точки зору економічної доцільності здійснювати модернізацію обладнання краще під час його капітального ремонту, адже будь які простой обладнання – це втрата часу, що слідує втраті прибутку. Зазвичай витрати на модернізацію в целюлозно-паперовій промисловості не займають і половини вартості нового обладнання, а продуктивність збільшується в районі 10-15%.

Проведення модернізації обладнання, загальні витрати можна поділити на такі елементи:

- матеріальна складова (витрати на матеріали та сировину, енергозатрати та комплектуючі обладнання задіяні для виконання модернізації);
- оплата праці (заробітна плата співробітників конструкторського бюро, виплата заробітної плати співробітникам, які безпосередньо виконують роботи по модернізації, вирахування на соціальне страхування);
- амортизація основних витрат;
- додаткові види витрат.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [23].

Величина витрат для проведення модернізації обладнання становить:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i = 436000 \cdot 0,08 = 34,88 \text{ тис. грн},$$

де $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} = 436$ тис. грн. – первісна (відновлена) вартість устаткування, згідно даних підприємства на якому працює обладнання, яке підлягає модернізації,

$K_i = 0,08$ – коефіцієнт витрат на модернізацію, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації.

Обладнання, що підлягало модернізації, в основному вимагає більших поточних витрат у порівнянні з аналогом. Це зумовлено наступними факторами:

- витрати на мастильні матеріали;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виготовлення або купівля необхідних частин, деталей або допоміжного обладнання;
- витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу;
- інші допоміжні експлуатаційні затрати.

Опираючись на практичні данні з виробництв целюлозо-паперового машинобудування можемо поррахувати величину перевищення поточних витрат порівнюючи з аналогічним обладнанням:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 0,06 \cdot 436000 - 0,04 \cdot 470000 = 7360 \text{ грн},$$

де $q_{b_i} = 0,06$ – коефіцієнт (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації;

$q_{b_n} = 0,04$ – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 470$ тис. грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування (згідно інтернет ресурсу) [17].

Важливим показником для оцінки техніко-економічної доцільності периферичного накату є маса рулону.

Маса рулону периферичного накату до модернізації:

$$m = \tau G_{\text{асп}} = 1317 \cdot 2,48 = 3266 \text{ кг},$$

де $\tau = 1317$ с – час намотування рулону;

$G_{\text{асп}} = 2,48$ кг/с – продуктивність периферичного накату по абсолютно сухому паперу.

Маса рулону модернізованого периферичного накату

$$m = \tau G_{\text{асп}} = 2641 \cdot 2,48 = 6550 \text{ кг},$$

де $\tau = 3468$ с – час намотування рулону;

$G_{\text{асп}} = 2,48$ кг/с – продуктивність периферичного накату по абсолютно сухому паперу.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо коефіцієнт співвідношення маси модернізованого обладнання до аналогічного:

$$\alpha = \frac{m_i}{m_{\text{нов}}} = \frac{6550}{3266} = 2,$$

де $m_i = 0,65$ – продуктивність або інакший важливий показник, котрий характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$m_{\text{нов}} = 0,64$ – продуктивність або інакший важливий показник, котрий характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Розрахуємо коефіцієнт, що показує відношення тривалості ремонтних циклів модернізованого обладнання до нового аналогічного:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{4}{4,5} = 0,9,$$

де $T_{\text{мод}} = 4,5$ роки – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}} = 4$ роки – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

В даному випадку під тривалістю робочого циклу ми розуміємо певний період між двома капітальними ремонтами обладнання, або купівля та заміна на нове обладнання.

Для підведення висновків щодо доцільності модернізації необхідно розрахувати коефіцієнт ефективності витрат. Отримавши величину, потрібно звірити її з показниками, наведеними в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. Значення коефіцієнту ефективності витрат на модернізацію

Величина коефіцієнта n_{p_i}	Доцільність модернізації обладнання
1	2
$n_{p_i} > 0$	В даному випадку модернізація є доцільною.

Продовження таблиці 8.2

1	2
$n_{p_i} < 0$	В даному випадку модернізація обладнання буде затратною, доцільно придбати нове обладнання.
$n_{p_i} = 0$	Для вирішення необхідності модернізації потрібні допоміжні фактори.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{34880 + 7360}{470000 \cdot 2 \cdot 0,9 + 1000} = 0,8,$$

де $M_i = 34880$ грн – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування;

$S_{e_i} = 7360$ грн – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{H_i} = 470000$ грн – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

$\alpha = 2,63$ – коефіцієнт співвідношення маси рулону модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta = 0,9$ – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{a_i} = 1000$ грн – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Перевіримо умову доцільності модернізації:

$$n_{p_i} > 0,$$

$$0,8 > 0.$$

Умова доцільності виконується.

Висновок: оскільки коефіцієнт ефективності $n_{pi} > 0$, то дана модернізація периферичного накату папероробної машини є доцільною з техніко-економічної сторони.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» розроблено накат папероробної машини з механізмом притискання рулону, що призначений для намотування паперового полотна в рулон.

Ідея модернізації даного периферичного наката полягає в збільшенні діаметру рулону завдяки збільшенню часу намотування. Ідея втілюється шляхом встановлення двох пневмо- або гідроциліндрів з кожного боку наката, перший з яких кріпиться одним кінцем до станини, а іншим до платформи з закріпленням на ній іншим пневмо- чи гідроциліндром, що іншим кінцем закріплений до рухомої стійки з рулоном, що намотується. При цьому платформа з другим пневмо- чи гідроциліндром може рухатись по направляючим під час видовження штоку першого пневмо- чи гідроциліндра.

Це, в свою чергу, зменшить кількість допоміжних операцій, тим самим, наприклад, транспортування рулону до повздовжньо-різального верстату.

Для виконання поставленого завдання проведено огляди існуючих конструкцій, на основі яких зроблено обґрунтований вибір конструкції апарату. Також надано опис технологічної схеми виробництва санітарно-гігієнічного паперу і показано місце в ній периферичного наката. Наведено його технічну характеристику. Проаналізовано і порівняно вибрану конструкції з кращими вітчизняними і світовими аналогами. В результаті цього встановлено, що апарат, який проектується, не містить принципових рішень, запропонованих в розглянутих патентах.

Виконано розрахунок потужності приводу наката, часу намотування, а також розрахунки тамбурного валу та циліндру наката (визначення навантаження на тамбурний вал і циліндр наката, запас міцності, розрахунок підшипників). Розрахунки виконано згідно діючих державних та галузевих стандартів.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надано рекомендації щодо монтажу та експлуатації, охорони праці при роботі на установці та визначено рівень стандартизації та уніфікації накату. Проведено техніко-економічне обґрунтування модернізації накату.

Графічна частина проекту включає креслення формату А1х3, А1, А2, А3х3, що містять: складальний кресленик накату, складальний кресленик тамбурного валу, складальний кресленик валу та кресленик патрону.

До складальних креслеників складені специфікації.

За результатами роботи опубліковано дві тези доповідей на XXIII та XXIV всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів", КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також тези доповіді на VII Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Сучасний рух науки».

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вывод

Идея модернизации данного периферического наката заключается в увеличении диаметра рулона за счет увеличения времени намотки. Идея воплощается путем установки двух пневмо- или гидроцилиндров с каждой стороны наката, первый из которых крепится одним концом к станине, а другим к платформе с закрепленным на ней другим пневмо- или гидроцилиндром, что другим концом закреплен в подвижной стойки с рулоном, что наматывается. При этом платформа со вторым пневмо- или гидроцилиндром может двигаться по направляющим при удлинении штока первого пневмо- или гидроцилиндра.

Это, в свою очередь, уменьшит количество вспомогательных операций, тем самым, например, транспортировка рулона до продольно-режущего станка.

Для выполнения поставленной задачи проведены осмотры существующих конструкций, на основе которых сделан обоснованный выбор конструкции аппарата. Также предоставлено описание технологической схемы производства санитарно-гигиенической бумаги и показано место в ней периферического наката. Приведены его техническую характеристику. Проанализированы и сравнительно выбранную конструкции с лучшими отечественными и мировыми аналогами. В результате этого установлено, что аппарат, который проектируется, не содержит принципиальных решений, предложенных в рассмотренных патентах.

Выполнен расчет мощности привода наката, времени намотки, а также расчеты тамбурного вала и цилиндра наката (определение нагрузки на тамбурный вал и цилиндр наката, запас прочности, расчет подшипников). Расчеты выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, охраны труда при работе на установке и определен уровень стандартизации и унификации наката. Проведено технико-экономическое обоснование модернизации наката.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графическая часть проекта включает чертежи формата А1х3, А1, А2, А3х3, содержащие: сборочный чертеж наката, сборочный чертеж тамбурного вала, сборочный чертеж вала и чертеж патрона.

К сборочным чертежам составлены спецификации.

По результатам работы опубликовано два тезиса докладов на XXIII и XXIV всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов", КПИ им. Игоря Сикорского, а также тезисы доклада на VII Международной научно-практической интернет конференции «Современное движение науки».

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusion

In the diploma project of the educational-qualification level "Bachelor" a roll paper machine with a mechanism of pressing a roll, designed to wind a paper web into a roll, was developed.

The idea of modernizing this peripheral rolling is to increase the diameter of the roll due to an increase in winding time. The idea is realized by installing two pneumatic or hydrocylinders on each side of the gear, the first of which is fixed one end to the bed, and the other to the platform with another pneumatic or hydraulic cylinder attached to it, which at the other end is secured to a movable rack with a wrapped roll. In this case, the platform with the second pneumatic or hydro cylinder can move along the guide while lengthening the rod of the first pneumatic or hydraulic cylinder.

This, in turn, will reduce the number of auxiliary operations, thus, for example, transporting the roll to the longitudinal cutting machine.

For realization of the given task the inspections of existing constructions were carried out, on the basis of which the reasonable choice of design of the device was made. Also, a description of the technological scheme of production of sanitary-hygienic paper is given and the location of the peripheral rolling in it is shown. The technical characteristics are given. The comparatively selected designs with the best domestic and world analogues are analyzed. As a result, it has been established that the projected device does not contain the principal solutions proposed in the considered patents.

The calculation of the power of the rollind, the time of winding, as well as calculations of the tambour shaft and roller cylinder (determination of load on the tramline shaft and roller cylinder, safety margin, bearing calculation) is performed. The calculations are performed in accordance with the current state and industry standards.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The recommendations on installation and operation, safety at work at the installation and the level of standardization and standardization of rolling have been determined. The feasibility study for upgrade modernization has been carried out.

The graphic part of the project includes drawings of the format A1x3, A1, A2, A3x3, which contain: an assembly drawing roller, an assembly drawing of a tambourine shaft, an assembly roller shaft and a drawing of a cartridge.

Specifications are compiled for assembly drawings.

As a result of work, two theses of reports were published at the XXIII-XXIV All - Ukrainian Scientific and Technical Conference of students, post-graduate students and young scientists "Equipment of chemical manufactures and enterprises of building materials", National Technical Universiti of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» as well as abstracts of the report at the VII International Scientific and Practical Internet Conference "Modern Movement of Science".

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Примаков С. Ф., Технология паперу і картону [Текст] / С.Ф.Примаков, В. А. Барбаш –2-е видання, переробл. – К.: ЕКМО, 2008. – 425 с. : іл. ; – Бібліогр.: с. 421–424. – 500 прим.

2. Накат периферичний, тип II для машини с обрешной полотна 2500-3600 мм. Т. Лазаренко. Ленинград, 1967 – 93с.

3. Чичаев, В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 2 т. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова ; под. общ. ред. В. А. Чичаева. – М.: Лесная промышленность, 1981. - 264 с.: ил. ; – 2900 экз.

4. Пат. 55233 Україна, МПК(2009) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини [Текст] / О. П. Мельник, О. М. Мулярська (UA). – № u201006224; заявл. 21.05.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл.№ 23 – 2 с. : ил.

5. Пат. 78697 Україна, МПК(2013) D21G 9/00. Накат периферичний [Текст] / О. А. Новохат, М. М. Василенко (UA). – № u201211732; заявл. 10.10.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл.№ 6 – 4 с. : ил.

6. Patent CN205526859U China, Int. C1. B65H 18/10 (23/26) (2006/01) One kind of winding 40 device / Ren Jianhua, Wu Rongrong, 2016.04.14.

7. Пат. 55233 Україна, МПК (2012) D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини [Текст] / І. І. Федорко, В. В. Петров (UA). – № u201102094; заявл. 22.02.2011; опубл. 12.11.2012, Бюл.№ 21 – 4 с. : ил.

8. Patent US 2011/0101.150 A1 United States, Int. C1. B65H 18/26 WINDING DEVICE / Helmut Meyer, Troisdorf (DE) Sep. 20, 2010.

9. Чернин, Б. С. Расчеты деталей машин [Текст] : справ. пособие / И. М. Чернин, А. В. Кузимин, Г. М. Ицкович. – Минск: Виш. шк., 1974. – 592 с., ил.; – Библиогр.: с. 589–591. – 75000 экз.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Жидецкий, В. Ц. Практикум із охорони праці [Текст] : навч. посібник / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук та ін.; За ред. В. Ц. Жидецького; – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.; – Библиогр.: с. 339–344. – 1000 экз.

11. Швецов, Ю. Н. Расчет основных параметров бумаго- и картоноделательных машин [Текст] : учебно-методическое пособие / Ю. Н. Швецов, Э. А. Смирнова; – Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2009. – 64 с.; – Библиогр.: с. 64. – 100 экз.

12. ГОСТ 8545-75. Подшипники шариковые и роликовые двухрядные с закрепительными втулками [Текст]. Взамен ГОСТ 8545-57 ; введ. 1977-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 8 с.

13. Киркач, Н. Ф Расчет и проектирование деталей машин [Текст] : учеб. пособие для техн. вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласян. – 3-е изд. перераб. и доп. – Харьков: Основа, 1991. – 276 с., ил.; – Библиогр.: с. 273. – 5000 экз.

14. Б.И. Ушаков , А.А. Кузьмич, Ю.П. Попов. Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений [Текст] — М.: Высшая школа, 1976. — 407 с.: ил.

15. ГОСТ 7798-70. Болты с шестигранной головкой и шестигранные гайки диаметром до 48 мм [Текст]. Взамен ГОСТ 7798-62 ; введ. 1972-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 10 с.

16. Вукалович, М. П. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / М. П. Вукалович - М.: Машиностроение, 1967 - 161с. – Текст парал. рус., англ. – Библиогр.: с. 160.– 13000 экз.

17. Малинский, И. З. Ремонт и монтаж оборудования целлюлозно-бумажного производства [Текст] / И. З. Малинский. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 344 с. – Библиогр.: с. 336–337. – 4800 экз.

18. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей. / Укл.: Роземплентер А. Е., Панішева Т. В. – К.: КПІ, 2001р. – 28 с.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Марчевський, В. М. Конструкторська документація курсових і дипломних проектів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. М. Марчевський. – К.: Норіта-плюс, 2006. – 280с. : іл.; – Библиогр.: с. 277. – Предм. указ.: с. 245–254. – 200 прим. – ISBN 966-2975-04-7.

20. ДСТУ ГОСТ 7.1–2006. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання [Текст]. Взамен ГОСТ 7.1–84 ; введ. 20048–01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 64 с.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
Документація до патентного дослідження

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотаток Б
Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В
Публікації автора

1. Новохат О. А. Конструкція накату карторобної машини: збірник тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»/ О. А. Новохат, В.В. Вакульчук – КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інженерно-хімічний факультет. –К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018, С.39-40.

2. Новохат О.А. Модернізація периферичного накату: збірник тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів»/ О. А. Новохат, В.В. Вакульчук – КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інженерно-хімічний факультет. –К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, С.38-39.

3. Новохат О. А. Вдосконалення конструкції периферичного накат: О. А. Новохат, В.В. Вакульчук – VII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасний рух науки», 2019.

4. Заявка № у 2019 02787 Україна МПК (2019) D21G 9/00 Накат периферичний/ Новохат О.А., Вакульчук В.В.; заявл. 21.03.2019.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		